MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE

3.2. E-I 103-79

INSTRUCŢIUNI
PRIVIND REGLAREA ŞI VERIFICAREA RELEELOR DIFERENŢIALE CU TSR TIP RDS - ICEMENERG

ICEMENERG
Bucureşti - 1981

Responsabil de lucrare : ing. A. Ungureanu

CUPRINS

1. Domeniul de aplicare 4
2. Generalităţi 4
   2.1. Utilizarea releului diferenţial 4
   2.2. Construcţia releului diferenţial 8
   2.3. Funcţionarea releului diferenţial 12
   2.4. Reglarea releului diferenţial 17
3. Verificarea şi revizia 31
   3.1. Verificarea modului de instalare şi montare a releului diferenţial 31
   3.2. Verificarea şi revizia releului diferenţial 31
   3.3. Verificarea funcţionării protecţiei diferenţiale 40
4. Formaţia de lucru şi durata verificărilor 43
5. Aparate, scule şi materiale necesare verificărilor 44
6. Norme de protecţie a muncii şi măsuri speciale 44
7. Organizarea lucrărilor 45
   7.1. Pregătirea lucrărilor 45
   7.2. Executarea verificărilor 45
   7.3. Încheierea lucrărilor 45

Bibliografie 46

Anexe 47

1. DOMENIUL DE APLICARE

Prezenta instrucțiune stabilește o metodologie de verificare și reglare a releului diferențial prevăzut cu transformator cu saturație rapidă, din familia RDS, fabricat de către ICEMENERG, cu ocazia punerilor în funcțiune, a verificărilor periodice și a celor de după reparații sau modificări.

Lucrările implicate de eventualele defecțiuni ale releelor a căror remediere presupune aducerea lor în laborator nu constituie obiectul prezentei instrucțiuni.

În decursul anilor, pe principiul transformatorului cu saturație rapidă au fost produse multe tipuri de relee RDS–1, RDS–2, RDS–3 și RDS–3a. Deoarece cele mai răspîndite sînt releele RDS–3 și RDS–3a, prezenta instrucțiune va trata numai aceste relee, ea putînd fi folosită și în celelalte situații, cunoscîndu-se caracteristicile ce le deosebesc (Varianta RDS–1 are 72 Asp de lucru față de 60 pentru celelalte variante).

2. GENERALITĂȚI

Deoarece nu există deosebiri ca principiu de funcționare, atît pentru releul RDS–3 cît și pentru RDS–3a se va utiliza în cele ce urmează expresia de releu diferențial, urmînd să se indice în mod expres varianta atunci cînd diferențele constructive necesită acest lucru.

2.1. Utilizarea releului diferențial

Releul diferențial este destinat realizării protecțiilor diferențiale longitudinale, în vederea protejării transformatoarelor cu două sau trei înfășurări, împotriva defectelor interne. În alcătuirea protecțiilor trebuie să se utilizeze un releu pentru fiecare fază.

În figurile 1, 2 și 3 sînt prezentate schemele de principiu, corespunzătoare unei faze de realizare a protecției diferențiale cu releele RDS.

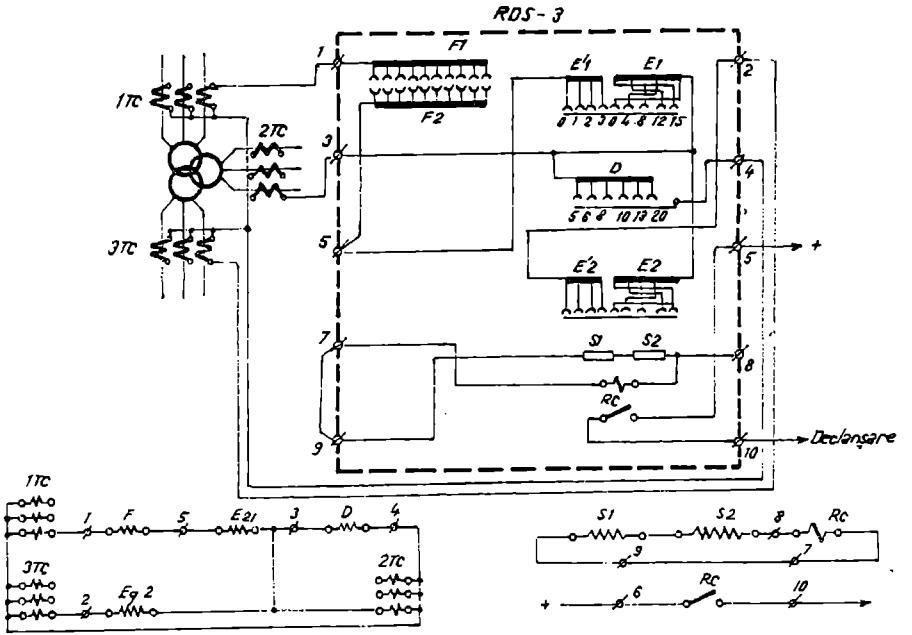

RDS-3
F1
F2
E'1
E1
0 1 2 3 0 4 8 12 15
D
5 6 8 10 19 20
E'2
E2
S1
S2
RC
+
Declanşare
1TC
2TC
3TC
1
2
3
4
5
7
8
9
10
F
Eq 2
E21
S1
S2
Rc
6

Fig. 1

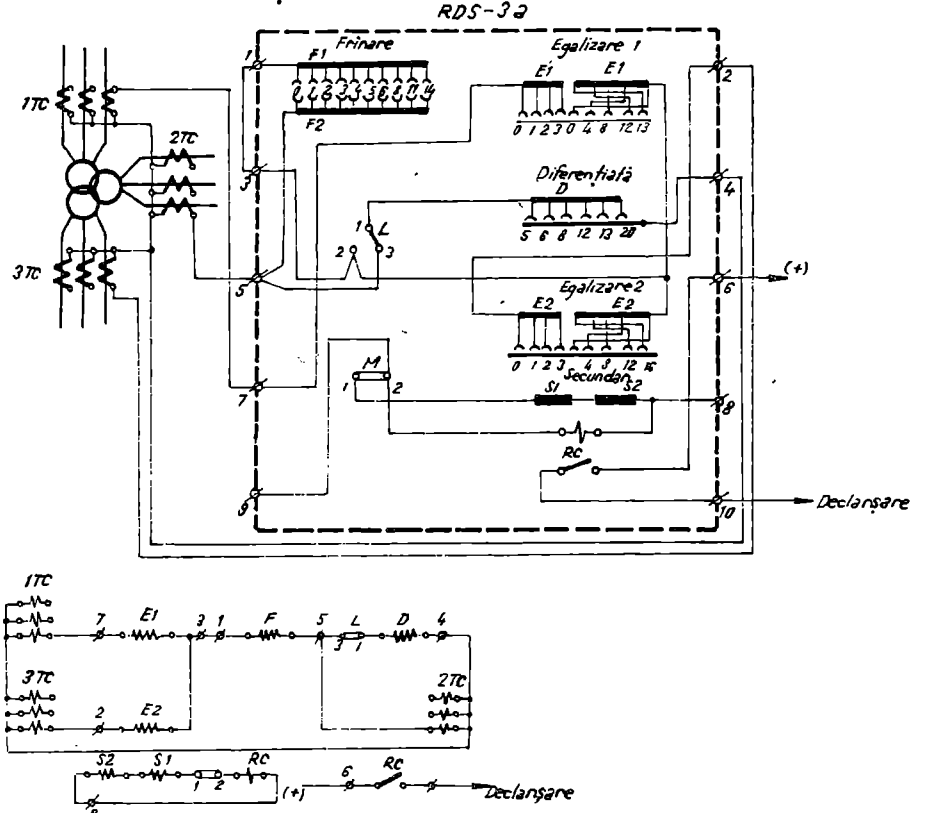

RDS-3a
Frinare
F1
F2
Egalizare 1
E1
E1
Diferențială
D
Egalizare2
E2
E2
Secundar
M
S1
S2
RC
1TC
2TC
3TC
(+)
Declanșare
L
1TC
7
E1
3
1
F
5
L
D
4
3TC
2TC
2
E2
S2
S1
RC
6
RC
(+)
Declanșare
8

Fig.2

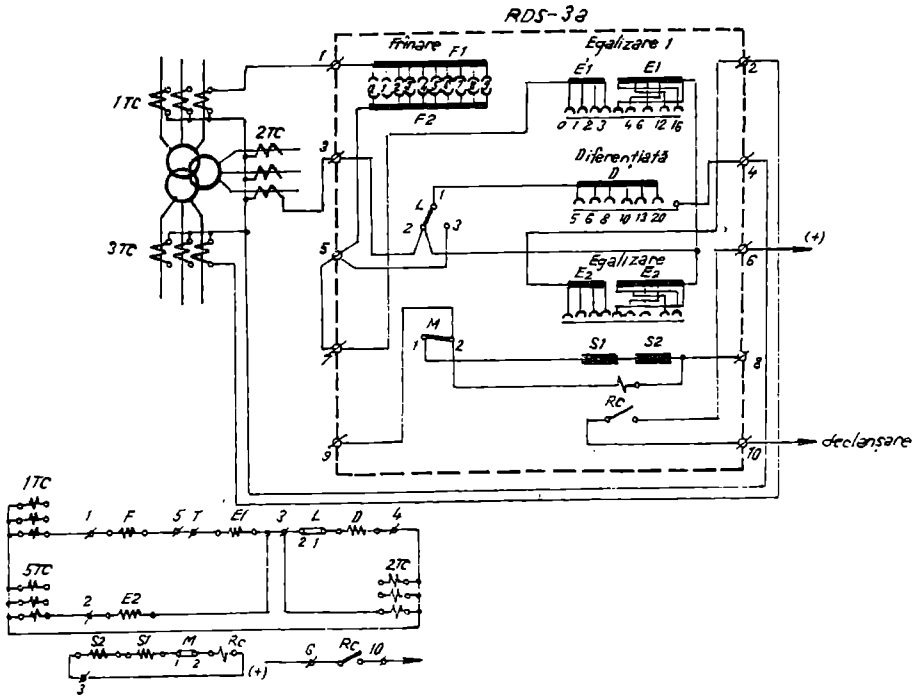

RDS-3a
Frinare F1
F2
Egalizare 1
E'1
E1
0 1 2 3 4 6 12 16
Diferentiata
D
5 6 8 10 13 20
Egalizare
E2
E2
M
S1
S2
RC
declansare
(+)
1TC
2TC
3TC
5TC
1
F
5
T
Ef
3
L
D
4
2 1
E2
S2
S1
M
Rc
6
RC
10
(+)

Fig.3

2.2. Construcţia releului diferenţial

Releul diferenţial conceput, aşa cum s-a arătat, pentru protecţia une faze se compune dintr-un transformator cu saturaţie rapidă (TSR) şi u releu de ieşire cu rol sesizor de prag (RC – acest releu de ieşire nu s reglează în exploatare).

Transformatorul cu saturaţie rapidă, prin modul de realizare (fig. 4) asigură mai multe funcţiuni:

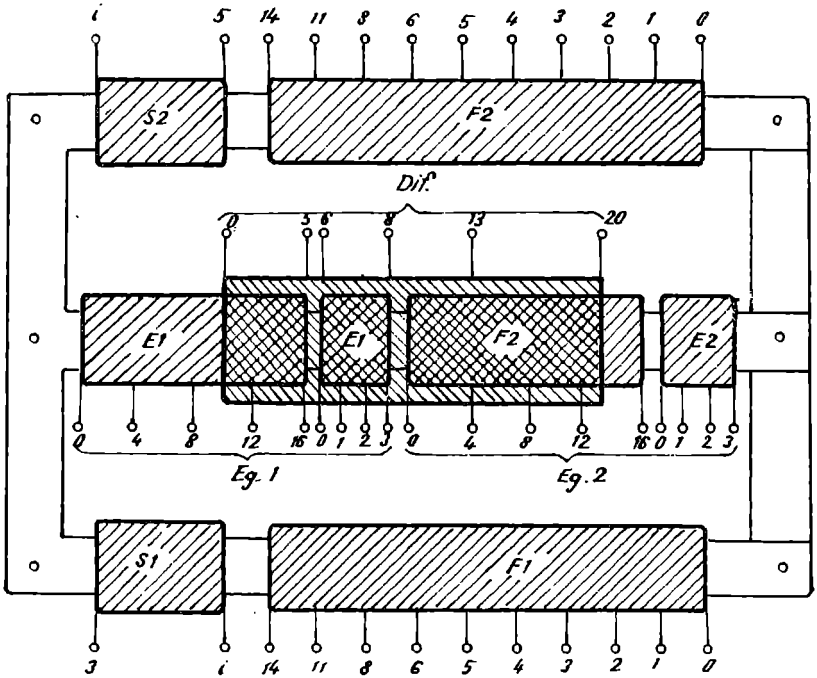


Fig.4

– Egalizarea curenţilor, în anumite limite, pe ramurile protecţiei diferenţiale, ca urmare a imposibilităţii alegerii unor transformatoare de curent ale căror rapoarte să asigure curenţi secundari egali în modul. Pentru egalizare sînt folosite două înfăşurări (Eg 1 şi Eg 2) plasate pe coloana centrală, ca şi înfăşurarea diferenţială, fiecare realizată din două secţiuni (E_1 şi E'_1, respectiv E_2 şi E_2'), prevăzute cu prize de reglaj, astfel alese, încît reglarea se poate face din spiră în spiră. Raportul de egalizare depinde atît de numărul de spire al înfăşurării de egalizare ce se află în circuit, cît şi de numărul de spire al înfăşurării diferenţiale. În figura 5 este prezentat, principial, modul de conectare a celor două înfăşurări.

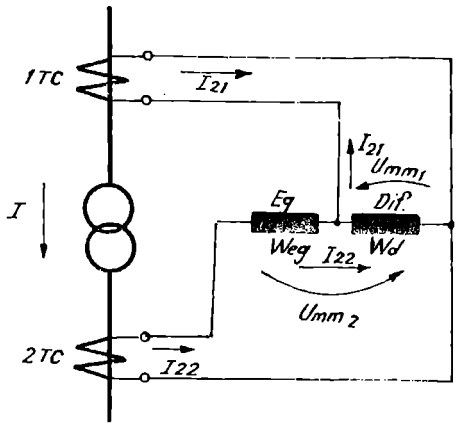


Fig. 5

Rezultă că, pentru a avea în regim normal fluxul nul în coloanele transformatorului şi deci t.e.m. din înfăşurarea secundară nulă, trebuie îndeplinită condiţia:

$$W_d I_{21} = (W_d + W_{eg}) I_{22}$$

şi:

$$\frac{I_{21}}{I_{22}} = \frac{W_d + W_{eg}}{W_d}$$

în care:

W_d – numărul de spire al înfăşurării diferenţiale aflate în circuit;

W_{eg} – numărul de spire al înfăşurării de egalizare aflate în circuit;

I_{22}, I_{21} – curenţii din circuitele protecţiei diferenţiale.

Raportul minim posibil se realizează atunci cînd în circuit avem întreaga înfăşurare diferenţială (W_d= 20 sp) şi cînd înfăşurarea de egalizare participă cu o spiră, adică:

$$\frac{I_{21}}{I_{22}} = \frac{21}{20} = 1,05$$

iar raportul maxim posibil se realizează cînd înfăşurarea diferenţială participă cu numărul cel mai mic de spire (Wd = 5 sp) şi cînd înfăşurarea de egalizare are numărul maxim (W_{eg} = 19 sp), adică:

$$\frac{I_{21}}{I_{22}} = \frac{24}{5} = 4,8$$

Finețea reglajului egalizării depinde de numărul spirelor înfăşurării diferenţiale aflate în circuit. Pentru reglarea în exploatare se poate alege, în funcţie şi de celelalte mărimi, raportul de egalizare cel mai convenabil.

– Blocarea releului diferenţial (respectiv nerealizarea condiţiilor de lucru pentru releul de ieşire RC) la şocul curentului de magnetizare. Această situaţie (şocul curentului de magnetizare) poate să apară fie la conectarea transformatorului în circuit, fie la restabilirea tensiunii la bornele transformatorului în urma unui scurtcircuit în afara zonei protecţiei diferenţiale. „Blocarea" se realizează prin caracteristica de saturare rapidă a TSR, după cum se va vedea la pct.2.3.

– Frînarea releului diferenţial pentru scurtcircuite în afara zonei de protecţie. Această „frînare" se asigură cu o înfăşurare special realizată – înfăşurare de frînare – care se compune din două secţiuni identice (F_1 şi F_2), înseriate, prevăzute cu prize pentru reglaj şi dispuse pe coloanele extreme ale TSR. Sensul de bobinare al acestor secţiuni este astfel ales, în raport cu înfăşurările secundare S_1, S_2, încît fluxul produs de ele, cînd sînt parcurse de curent, să inducă o t.e.m. în opoziţie, în cele două

semibobine secundare înseriate, astfel încît tensiunea totală secundară să fie nulă. Modul de realizare a frînării este descris la pct. 2.3.

– Asigurarea condiţiilor de lucru pentru releul de ieşire RC prin înfăşurările secundare S_1, S_2. Tensiunea electromotoare este indusă în aceste înfăşurări de către fluxul rezultant sumă a fluxurilor din coloane, create în diversele situaţii de către celelalte înfăşurări. Cînd t.e.m. depăşeşte o anumită valoare, releul RC acţionează şi prin aceasta se comandă deconectarea transformatorului protejat.

În afara elementelor componente principiale – RC şi TSR – releul diferenţial dispune, pentru fiecare înfăşurare cu prize, de un sistem de alegere a prizei de lucru corespunzătoare calculelor de reglaj. Acest sistem este materializat printr-o placă izolantă în care sînt imprimate bucşe filetate, reprezentînd extremităţile prizelor înfăşurărilor TSR, şi lamele de contact, reprezentînd partea comună (fig.1-3).

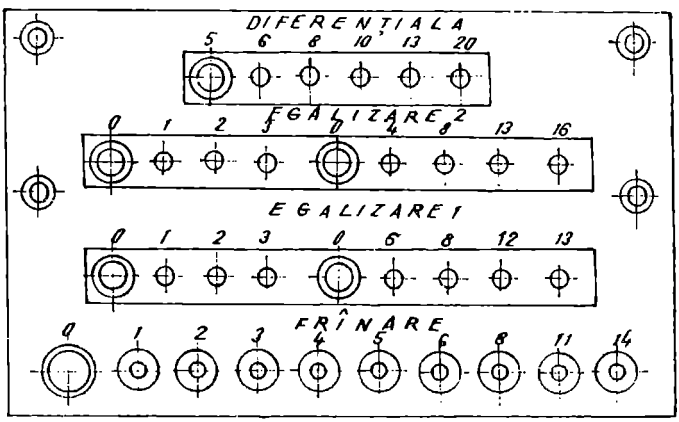


Fig.6

În figura 6 este prezentată o vedere din față a acestei plăci. Varianta RDS-3a are în plus, față de celelalte variante, o placă din textolit, pe care sînt montate două grupuri de bucșe – un grup notat cu L, celălalt notat cu M – care, prin șuntarea lor într-o anumită ordine modifică schema internă (fig.2 și 3).

Întregul ansamblu este montat într-o cutie cu fundul din bachelită și capac metalic, reprezentînd un releu diferențial pentru protecția unei faze. În figura 7 sînt prezentate cotele de gabarit, de prindere și de găurire (pentru efectuarea legăturilor în spate) a releului diferențial.

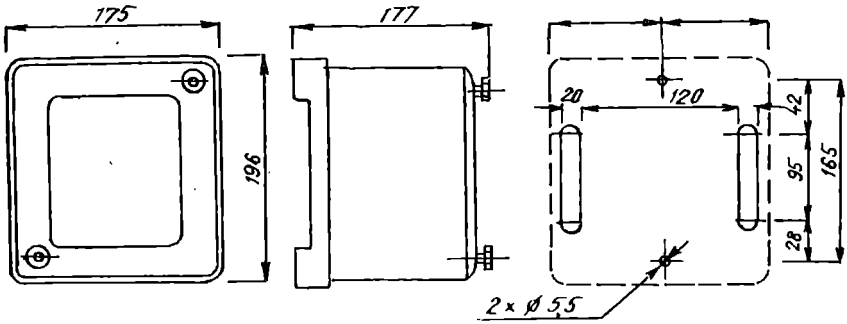


Fig.7

2.3. Funcționarea releului diferențial

Funcționarea releului diferențial trebuie urmărită în trei regimuri diferite:

– la conectarea transformatorului în gol, situație ce corespunde și regimului tranzitoriu de restabilire a tensiunii după un scurtcircuit în afara zonei protejate;

– la defecte în afara zonei protejate (scurtcircuite exterioare);

– la defecte în zona protejată (scurtcircuite interioare).

2.3.1. Conectarea transformatorului în gol

La conectarea transformatorului, șocul curentului la magnetizare are valori cuprinse între 6 și 10 ori curentul nominal. Conform principiului

de funcţionare al protecţiei diferenţiale, sesizarea unui curent de valoare ridicată la una dintre extremităţile protecţiei şi necompensat la extremitatea opusă trebuie să ducă la acţionare. Aceasta se întîmplă şi în cazul şocului de magnetizare, fiind similar unui defect în zona de protecţie. Totuşi, în această situaţie, releul nu trebuie să acţioneze şi aceasta se datoreşte, în cazul releelor de tip RDS, neasigurării condiţiilor de funcţionare ale releului de măsură RC de către TSR. Tensiunea electromotoare indusă în înfăşurările secundare S_1, S_2 şi aplicată releului RC este:

$$e = \frac{d\varphi}{dt}$$

Circuitul magnetic al TSR se caracterizează prin aceea că trecerea din regim nesaturat în regim saturat se face relativ brusc, adică ciclul histerezis (fig.8) se caracterizează printr-o diferenţă mică Bm–Br Curentul de magnetizare se caracterizează prin aceea că, în prima parte, are o componentă aperiodică foarte importantă şi din această cauză este asimetric faţă de axa timpului (în perioada de început chiar deasupra axei timpului). Din acest motiv nu se parcurge un ciclu histerezis normal, ci un ciclu eliptic (fig.8), în limitele $B_m - B_r$ fluxul fiind proporţional cu această diferenţă. Variaţia de flux fiind mică, tensiunea electromotoare indusă este mică şi sub valoarea de acţionare a releului RC. Pe măsură ce dispare componenta aperiodică, deci apare o simetrizare a ciclului histerezis, curentul scade considerabil, ajungînd în final la curentul de mers în gol care va realiza un ciclu B_{mo}; $-B_{mo}$ de asemenea mic. Trecerea de la ciclul eliptic $B_m - B_r$ la cel simetric B_{mo}; $-B_{mo}$ se face în mod continuu, drumul fiind acoperit de o familie de asemenea cicluri de mici dimensiuni. Deci neacţionarea releului diferenţial la şocul curentului de magnetizare se datoreşte neasigurării condiţiilor de funcţionare pentru releul RC de către transformatorul care se saturează rapid (TSR). La calculul reglajelor pentru siguranţă se va ţine totuşi seama de acest curent (pct.2.4.)

Fig.8

2.3.2. Defecte în afara zonei protejate

La un defect în afara zonei protejate (fig.9, pct.k), zonă delimitată de transformatoarele de curent 1 TC şi 2 TC, protecţia nu are în principiu condiţii de lucru, deoarece curentul de scurtcircuit parcurge atît transformatorul de la intrare (1 TC), cît şi pe cel de la ieşire (2 TC) şi curentul de înfăşurare diferenţială trebuie să fie nul. Practic însă cei doi curenţi secundari nu sînt nici egali în modul şi nici în opoziţie de fază, fapt ce face ca diferenţa lor să nu fie nulă.

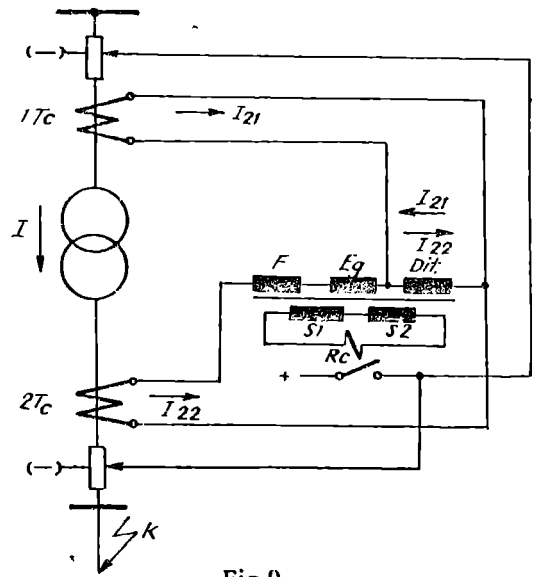


Fig.9

Această diferenţă, numit curent de dezechilibru, se datoreşte erorilor de transformare, erorilor de unghi, erorilor de egalizare, erorilor releului etc. Calculul reglajelor determină, în raport cu acest curent de scurtcircuit, curentul de dezechilibru faţă de care se desensibilizează releul diferenţial (pct.2.4.).

Pentru a uşura sarcina protecţiei diferenţiale la un asemenea defect, releul are prevăzută o bobină „de frînare", a cărei acţiune se reflectă în valoarea de acţionare a releului. Cu cît înfăşurarea de frînare participă cu un număr mai mare de amperspire, cu atît va fi mai mare şi valoarea curentului de acţionare. Caracteristica aproximativă de frînare a releului

este dată în figura 10. Deoarece calitatea tolelor a crescut, curba de lucru-frînare a ultimelor relee (RDS-3a) este puţin deplasată în sus. Începînd din anul 1979 fiecare releu este însoţit de un buletin individual, în care sînt trecute performanţele, inclusiv caracteristica lucru-frînare.

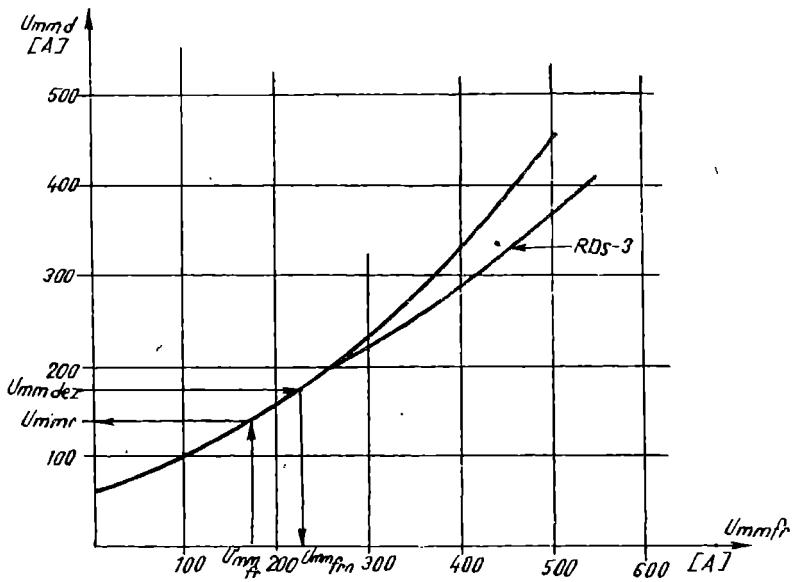


Fig.10

În principiu această înfăşurare se poate monta pe oricare dintre cele două (trei) ramuri ale protecţiei diferenţiale, însă se obişnuieşte să se monteze pe partea care produce curentul de dezechilibru cel mai mare. În figura 9 ea a fost montată pe partea sarcinii, astfel încît curentul care iese din protecţia diferenţială parcurge şi înfăşurarea de frînare, crescînd astfel substanţial valoarea curentului de acţionare, care, în această situaţie, trebuie să fie nul. Deci la asemenea tipuri de defecte, protecţia este complet asigurată; eventualele funcţionări se pot datora unei incorecte conectări sau unui reglaj necorespunzător.

2.3.3. Defecte în zona protejată

La un defect în zona protejată (fig.11) în ramura diferenţială se face suma curenţilor (dacă sînt surse în ambele capete). În această situaţie,

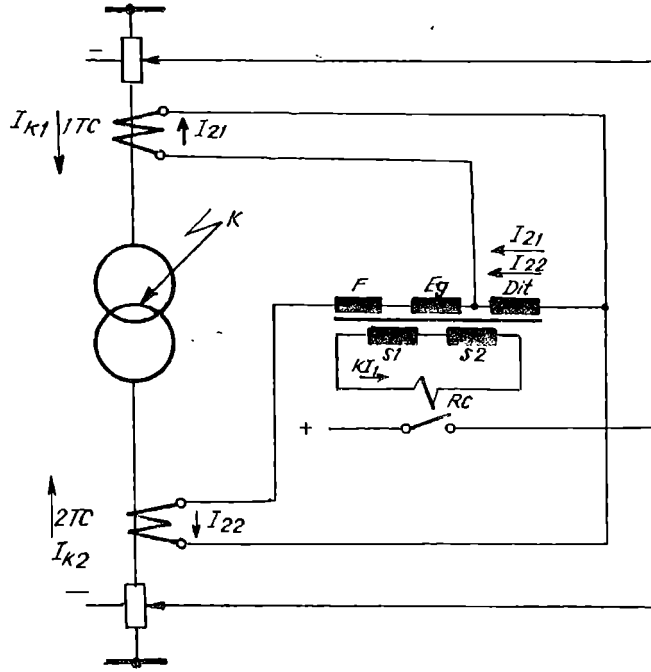


Fig.11

chiar dacă participă şi înfăşurarea de frînare (cazul din figura 11) amperspirele de lucru asigură o funcţionare sigură a releului, iar aceasta rezultă chiar din condiţiile de reglaj, aşa cum se va vedea la pct.2.4.

2.4. Reglarea releului diferenţial

Reglarea releului diferenţial constă în:

– calcularea curenţilor de dezechilibru şi a elementelor de reglaj;

– verificarea sensibilităţii protecţiei diferenţiale.

2.4.1. Calcularea curenţilor de dezechilibru şi a elementelor de reglaj

Curenţii de dezechilibru care pot provoca funcţionarea releului diferenţial şi deci faţă de care releul trebuie desensibilizat sînt:

– curenţi de dezechilibru datoraţi şocului de magnetizare;

– curenţi de dezechilibru datoraţi scurtcircuitelor exterioare, ca urmare

a erorilor de egalizare, a faptului că transformatorul protejat prevăzut cu reglajul tensiunii își poate schimba raportul de transformare și a erorilor transformatoarelor de curent.

În principiu, pentru curentul de dezechilibru cu valoarea cea mai mare, releul diferențial se desensibilizează prin înfășurarea de frînare, iar pentru următorul curent de dezechilibru ca valoare, se desensibilizează releul prin înfășurarea diferențială. Pentru ușurarea calculului se obișnuiește (ceea ce în majoritatea cazurilor corespunde realității) să se considere curentul de dezechilibru datorat șocului de magnetizare ca fiind mai mic și deci desensibilizat prin înfășurarea diferențială, iar curenții de dezechilibru datorați scurtcircuitelor exterioare protecției ca fiind mai mari și desensibilizați prin înfășurarea de frînare.

În consecință se calculează în ordinea:

2.4.1.1. Curenții de dezechilibru datorați șocului curentului de magnetizare

$$I_{dez.m} = K_{sing} \cdot I_{2n} = I_{pp1} \qquad [A]$$

în care:

I_{pp1} – curentul de pornire a protecției, corespunzător șocului de magnetizare:

K_{sing} – coeficientul de siguranță: $K_{sing} = 1,3 - 1,5$;

I_{2n} – curentul secundar nominal pentru aceea parte a transformatorului de forță prin care se face punerea sub tensiune;

$$I_{2n} = \frac{I_{1n}}{n_{Tc}} K_{sch}$$

unde:

I_{1n} – curentul primar nominal pentru acea parte a transformatorului de forță prin care se face punerea sub tensiune;

n_{Tc} – raportul de transformare al transformatorului de curent cores - punzător

K_{sch} – coeficientul de schemă reprezintă raportul de curent din înfășurarea releului și curentul din secundarul transformatorului de curent; $K_{sch} = 1$ pentru transformatoarele de curent conectate

în stea şi $K_{sch} = \sqrt{3}$ pentru transformatoarele de curent conectate în triunghi.

2.4.1.2. Numărul de spire al înfăşurării diferenţiale

$$W_{dc} = \frac{U_{mm}}{I_{ppl}} \qquad [spire]$$

în care:

W_{dc} – numărul de spire calculat al înfăşurării diferenţiale;

U_{mm} – tensiunea magnetomotoare a releului diferenţial şi are valoarea 60 A pentru variantele RDS-2, RDS-3 şi RDS-3a, respectiv 72A pentru varianta RDS–1.

În situaţia în care apar mai mulţi curenţi de dezechilibru datoraţi şocului de magnetizare (fig.12b), (de exemplu, pot fi doi curenţi datoraţi celor două surse I_{pp11} şi I_{pp12}) se va avea în vedere cel cu valoarea cea mai mare.

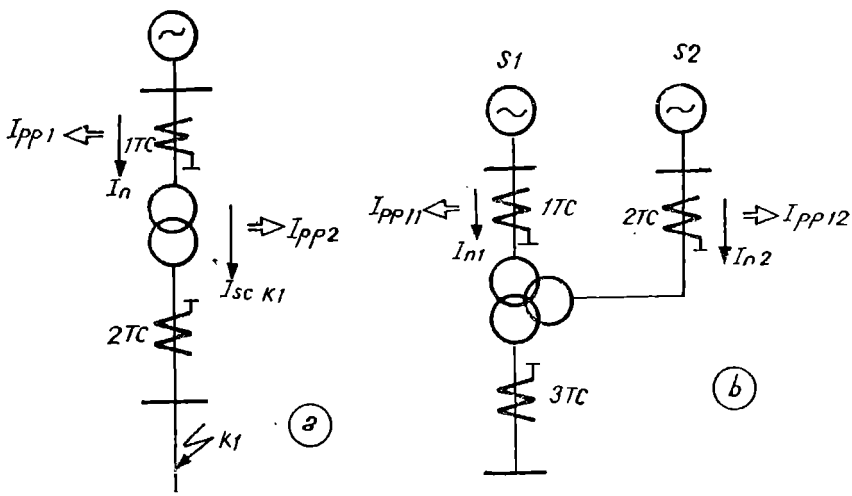


Fig.12

Înfăşurarea diferenţială, după cum s-a văzut, are cîteva prize fixe, astfel că se va alege priza care se apropie cel mai mult de numărul

spirelor rezultate din calcul. Vom nota cu W_d numărul de spire ales pentru reglaj.

2.4.1.3. Numărul de spire al înfăşurărilor de egalizare

Din 2.2. s-a văzut că raportul minim ce poate fi egalizat este mai matre de 5% , deci se aplică egalizarea dacă:

$$\frac{I_{2p} - I_{2m}}{I_{2m}} \cdot 100 \rangle 5\,\%$$

în care:

I_{2p} – curentul secundar cu valoarea cea mai mare dintre toţi curenţii ramurilor protecţiei, ales drept curent de referinţă;

I_{2m} – curentul secundar ce urmează a fi egalizat.

Numărul spirelor de egalizare se calculează punînd condiţia ca suma tensiunilor magnetomotoare produse de cei doi curenţi în miezul TSR să fie nulă, adică:

$$U_{mm_p} + U_{mm_m} = 0,$$

U_{mm_p} şi U_{mm_m} fiind tensiunea magnetomotoare din miez, datorită curentului I_{2p}, respectiv curentului I_2.

Din această condiţie rezultă (fig.5):

$$I_{2p} W_d = I_{2m}(W_d + W_{eg_c})$$

sau

$$W_{eg_c} = \frac{I_{2p} - I_{2m}}{I_{2m}} W_d \qquad [sp]$$

Cum reglajul nu se poate face decît din spiră în spiră (o situaţie mai bună decît în cazul înfăşurării diferenţiale), valoarea calculată se rotunjeşte, alegîndu-se valoarea cea mai apropiată ce poate fi realizată. Notînd valoarea aleasă cu W_{eg}, eroarea de egalizare este:

$$\Delta_{feg} = \frac{(W_d + W_{eg})I_{2m} - W_d I_{2p}}{W_d I_{2p}} \cdot 100 \qquad [\%]$$

Dacă transformatorul de forță ce se protejează cu protecția diferențială RDS are trei înfășurări și sînt necesare două egalizări, acest lucru este posibil deoarece releul RDS, așa cum s-a văzut, are două înfășurări de egalizare.

Calculul se face separat, cu relațiile de mai sus pentru fiecare curent ce trebuie egalizat în raport cu același curent ales ca referință (cu valoarea cea mai mare dintre cei trei curenți ai ramurii protecției diferențiale). Evident că în această situație vom avea două erori de egalizare, corespunzătoare celor două valori alese.

În cazul folosirii transformatoarelor de egalizare externe (în special din motive de separare galvanică pe anumite circuite) raportul de transformare al acestora se determină din condiția:

$$I_{2p} n_p = I_{2m} n_m$$

și

$$\frac{I_{2p}}{I_{2m}} = \frac{n_m}{n_p} = n_{TEc}$$

în care:

n_m și n_p – reprezintă numărul de spire al transformatorului de egalizare corespunzător înfășurărilor parcurse de curentul I_{2p}, respectiv I_{2m};

n_{TEC} – este raportul calculat pe care trebuie să-l aibă transformatorul de egalizare.

Se alege raportul cel mai apropiat ce poate fi realizat prin construcția transformatorului și, dacă se notează cu n_{TE} acest raport, eroarea de egalizare este:

$$\Delta feg_{TE} = \frac{n_{TE} - n_{TEC}}{n_{TEC}} \cdot 100 \qquad [\%]$$

Dacă eroarea depăşeşte 5% se poate încerca o continuare a egalizării prin înfăşurările de egalizare ale releului RDS, metoda fiind cea descrisă la începutul pct.2.4.1.3., în care I_{2p} şi I_{2m} sînt curenţi rezultaţi după transformatoarele de egalizare externe.

2.4.1.4. Curenţii de dezechilibru datoraţi scurtcircuitelor exterioare protecţiei diferenţiale

Datorită unor imperfecţiuni în ramurile protecţiei diferenţiale (egalizare imperfectă, erori ale transformatoarelor de curent), precum şi unor modificări în raportul de transformare al transformatorului protejat (schimbarea poziţiei comutatorului de ploturi) şi ca urmare a scurtcircuitelor exterioare zonei protejate pot apărea curenţi de dezechilibru în releul diferenţial care să ducă la acţionarea acestuia. Din aceste motive releul trebuie desensibilizat faţă de aceşti curenţi şi aceasta se face, de obicei, prin bobina de frînare.

Expresia acestor curenţi este:

$$I_{dez.sc.} = \frac{1}{100}(\Delta U_{max} + \Delta feg + \Delta fi) I_{sc.max.ext}, \quad [A]$$

în care:

ΔU_{max} – variaţia maximă posibilă a raportului de transformare al transformatorului protejat faţă de raportul nominal, %;

Δfeg – eroarea de egalizare calculată ca la pct.2.4.1.3. Dacă egalizarea se face cu transformatoare externe atunci $\Delta feg = \Delta feg_{TE}$, calculat ca la pct.2.4.1.3.;

Δfi – eroarea minimă a transformatorului de curent, de obicei 10%.

Spre deosebire de alte relee diferenţiale, în cazul releului RDS nu trebuie să se aibă în vedere şi componenta aperiodică a curentului de scurtcircuit (datorită TSR din schema releului, care, aşa cum s-a văzut, nu transformă această componentă).

Cu această valoare a curentului de dezechilibru se calculează curentul faţă de care se face desensibilizarea:

$$I_{pp2} = K_{sing.} I_{dezsc} \frac{K_{sch.}}{n_{TC}} \quad [A]$$

unde:

$K_{sing.} = 1,3 - 1,5$

n_{TC} – raportul de transformare al transformatorului de curent.

Curenţii de dezechilibru la scurtcircuite exterioare se calculează în raport cu toate sursele conectate la înfăşurările transformatorului (evident, numai pentru valorile maxime ale acestor curenţi). În figura 13 este dat un exemplu din care rezultă trei curenţi de dezechilibru şi, corespunzător, trei curenţi de pornire (I_{pp21}, I_{pp22} şi I_{pp23}). Desensibilizarea prin frînare se va face pentru situaţia cea mai defavorabilă, adică pentru cazul în care apare curentul de dezechilibru cel mai mare, căruia, de obicei, îi corespunde şi curentul de scurtcircuit cel mai mare între cele trei puncte considerate (K_1, K_2, K_3). Problema ce se pune în această situaţie este de a plasa corect înfăşurarea de frînare în raport cu ramurile protecţiei, astfel ca eficacitatea ei să corespundă situaţiei la un moment dat.

Situaţiile prezentate în figura 13 a şi b se caracterizează prin aceea că înfăşurarea de frînare poate ocupa oricare dintre poziţiile 1 sau 2, deoarece curentul care parcurge bobina de frînare este acelaşi. În figura 13 c, însă, locul bobinei de frînare este foarte important; curentul cel mai mare este evident I'''_{sck3}, care poate fi aproximat ca sumă a celorlalţi doi, respectiv I'_{sck3} şi I''_{sck3}. Dacă se plasează bobina de frînare în poziţia 3, adică să fie parcursă de I''_{sck3}, nu ar mai fi eficace frînarea pentru celelalte două situaţii (fig. 13 a şi b); deci bobina de frînare trebuie plasată în poziţiile 1 sau 2.

La schema din figura 13c se poate face următoarea observaţie: dacă bobina de frînare este plasată în poziţia 1 prin ea va trece curentul $I'_{scK3,}$ iar dacă va fi plasată în poziţia 2 prin ea va trece diferenţa $I'''_{scK3} - I'_{scK3}$, adică I''_{scK3} ceea ce înseamnă că, de fapt, în cazul transformatorului cu trei înfăşurări şi două surse, bobina de frînare trebuie plasată pe una dintre cele două ramuri cu surse.

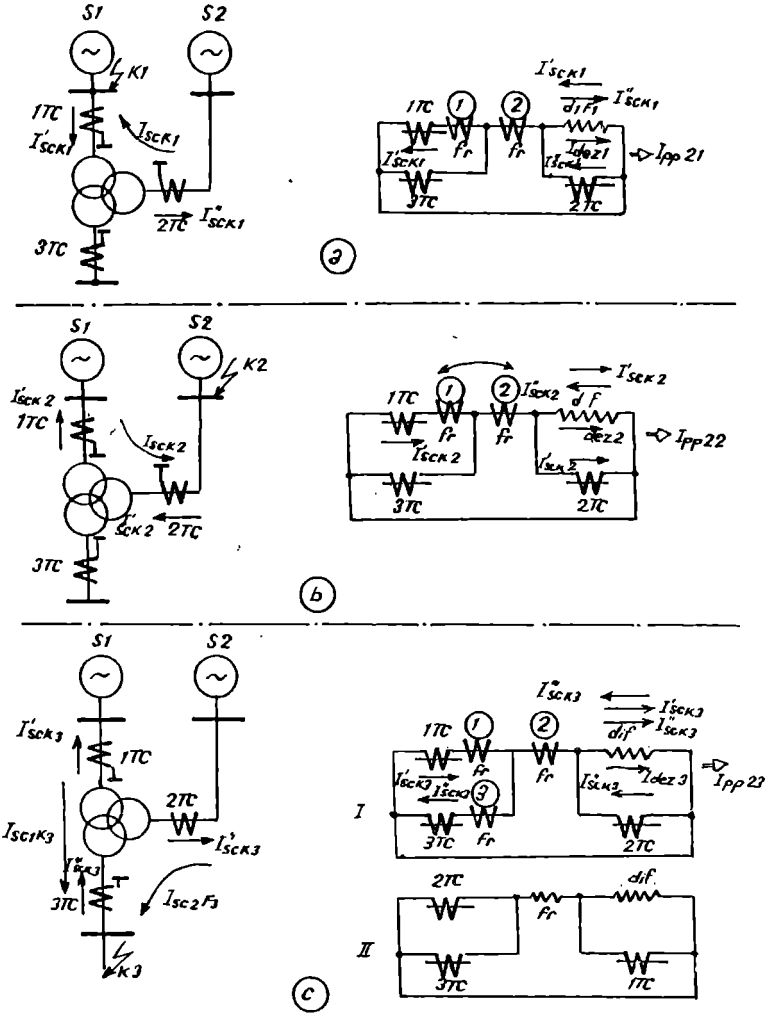

S1
S2
K1
1TC
I'sck1
Isck1
2TC
I"sck1
3TC
a
I'sck1
1TC
1
2
fr
fr
d1F1
I"sck1
Idez1
Ipp 21
I'sck1
3TC
2TC
K2
I'sck 2
1TC
Isck2
I"sck 2
2TC
3TC
b
I'sck2
I"sck 2
dif
Idez2
Ipp22
K3
I'sck3
1TC
2TC
Isc1K3
I"sck3
3TC
Isc2F3
I'sck3
c
I"sck3
I'sck3
dif
I"sck3
Idez 3
Ipp 23
I
3TC
2TC
II
3TC
1TC

Fig.13

Alegerea poziției 1 sau 2 depinde acum și de tipul constructiv al releului; pentru varianta RDS–3 nu se poate alege decît poziția 1, deoarece din construcție bobina de frînare este plasată în acest fel (fig.1), pe cînd la varianta RDS–3a poate fi aleasă oricare dintre cele două poziții.

La varianta RDS–3a frînarea se poate alege ușor pentru oricare dintre cei doi curenți, prin simpla schimbare a poziției eclisei L (fig.2 și 3), pe cînd la varianta RDS–3 acest lucru trebuie să se asigure prin modul de executare a conexiunilor exterioare, astfel încît prin înfășurarea de frînare să treacă I'_{scK3} sau I''_{scK3}, după caz. Plasînd astfel bobina de frînare la varianta RDS–3, adică pe una dintre părțile cu surse, trebuie să se aibă în vedere faptul că efectul frînării va fi prezent și în cazul unui scurtcircuit în interiorul transformatorului, adică atunci cînd releul trebuie să lucreze. Pentru a crește siguranța de funcționare a releului, în sensul că efectul frînării să fie cît mai mic la un scurtcircuit interior, bobina de frînare trebuie plasată pe acea parte, din cele două surse, care participă cu un curent mai mic la scurtcircuite (pe partea de sursă mai slabă). În cazul transformatorului cu trei înfășurări și trei surse observația de mai sus rămîne în continuare valabilă, adică înfășurarea de frînare se plasează pe partea cu sursa cea mai slabă (pentru releul RDS–3a înfășurarea de frînare, din aceleași motive, se plasează spre sursele mai slabe).

Dacă însă în loc de două surse va fi o singură sursă (de exemplu, în lipsa sursei S_2 din figura 13) atunci vor fi numai situații din b și c (situația c fără aportul sursei S_2), iar înfășurarea de frînare ar fi utilă ca în figura 13c II.

Această condiție nu poate fi îndeplinită decît de varianta RDS–3a; în cazul variantei RDS–3, pentru a avea frînare la scurtcircuite în afara zonei, bobina de frînare trebuie plasată pe partea sursei.

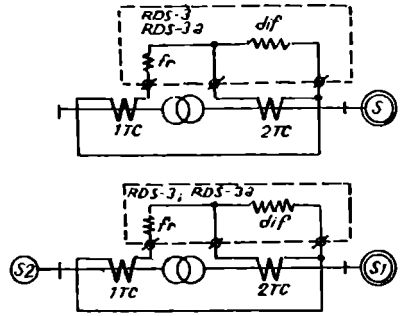
Din cele discutate mai sus se pot trage concluzii și pentru transformatorul cu două înfășurări; dacă sînt surse pe ambele părți, înfășurarea de frînare se va plasa pe partea cu sursă slabă; dacă va exista o singură sursă se va plasa pe partea fără sursă.

O sinteză a celor arătate este prezentată în figura 14.

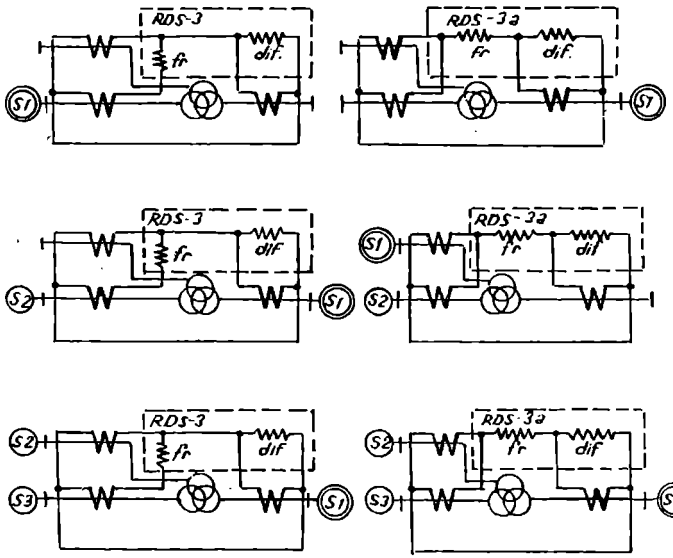
2.4.1.5. Numărul de spire al înfășurării de frînare

Curenții de dezechilibru (determinați mai sus) parcurgînd înfășurările releului (diferențială și de egalizare) produc o tensiune magnetomotoare suficient de mare ca să acționeze releul diferențial.

TRANSFORMATOR CU DOUĂ ÎNFĂŞURĂRI



TRANSFORMATOR CU 3 ÎNFĂŞURĂRI



LEGENDĂ

S1 sursă puternică

S2 sursă slabă

Fig.14

Această t.m.m. este:

$$U_{mmdez.} = I_{pp2}(W_d + W_{eg}) \quad [A]$$

Dacă trebuie luaţi în considerare mai mulţi curenţi de dezechilibru, aşa cum s-a arătat la pct.2.4.1.4. vor rezulta corespunzător mai multe t.m.m. de dezechilibru. Evident că fiecare înfăşurare de egalizare va fi luată în considerare, în calcul, numai pentru curentul de dezechilibru care o parcurge.

Cu valoarea cea mai mare calculată se determină grafic, din caracteristica „lucru-frînare" (fig.10), tensiunea magnetomotoare de frînare $U_{mmfr.}$ necesară desensibilizării.

Numărul de spire al înfăşurării de frînare se determină avînd în vedere că $U_{mmfr.}$ trebuie produs de curentul de scurtcircuit maxim exterior protecţiei (sau fracţiune din aceasta) ce parcurge înfăşurarea de frînare şi care a produs $U_{mmdez.}$ prin care s-a determinat grafic valoarea $U_{mm\ fr.}$ respectivă.

Din această condiţie:

$$W_{fr.c} = \frac{U_{mmfr.} n_{TC}}{I''_{sc.max.ext.} K_{sch}} \quad [sp]$$

în care:

$W_{fr.c}$ – numărul de spire calculat pentru înfăşurarea de frînare;

$U_{mmfr.}$ – tensiunea magnetomotoarelor necesară frînării şi determinată grafic ca mai sus;

$I''_{sc.max.ext.}$ – curentul de scurtcircuit maxim exterior zonei protejate (v. şi 2.4.14.);

n_{TC} – raportul de transformare al transformatorului de curent;

K_{sch} – coeficientul de schemă (v. 2.4.1.1.).

Spre deosebire de celelalte înfăşurări (diferenţială, de egalizare), pentru care numerele marcate pe placa de reglaj înseamnă numărul de spire ce poate fi ales, pentru înfăşurarea de frînare, din cauza realizării ei din două semibobine, aceste numere înseamnă numărul de spire

numai într-o semibobină. În consecință, pentru a stabili priza de reglaj numărul de spire calculat ($W_{fr.c}$) se împarte cu 2; cifra astfel obținută, prin rotunjire, va da numărul prizei de reglaj N_{fr} (evident, dacă cifra astfel obținută nu coincide cu una din prizele de reglaj, se va alege priza care este cea mai apropiată de această valoare calculată). Deci dublul numărului prizei alese pentru înfășurarea de frînare înseamnă numărul de spire ce va fi în circuit. Vom nota acest număr de spire ales, cu W_{fr}:

$$\frac{W_{fr.c}}{2} \Rightarrow N_{fr.}$$

și:

$$W_{fr.} = 2 \cdot N_{fr.}$$

unde:

$N_{fr.}$ – numărul prizei de reglaj;

$W_{fr.}$ – numărul de spire al înfășurării de frînare aflate în circuit.

2.4.2. Verificarea sensibilității protecției diferențiale

Sensibilitatea protecției diferențiale se calculează pentru valoarea cea mai mică a curentului de scurtcircuit din zona protejată.

Coeficientul de sensibilitate este raportul a două tensiuni magnetomotoare:

$$K_{sens.} = \frac{U_{mm.sc}}{U_{mm.r}} \rangle 1,5$$

în care:

$U_{mm.r}$ – tensiunea magnetomotoare minimă de acționare a releului ce se determină grafic din diagrama lucru-frînare (fig.10), în funcție de efectul frînării produs de curentul de scurtcircuit minim;

$U_{mm.sc}$ – tensiunea magnetomotoare de acționare a releului produsă de curentul de scurtcircuit minim;

$$U_{mm.sc} = \Sigma (W_d + W_{cg}) I_{2sc.min.int.}$$

unde:

$$I_{2sc.min.int.} = I_{1sc.min.int.} \frac{K_{sch}}{n_{TC}}$$

reprexintă valoarea secundară a curentului minim de scurtcircuit;

$I_{1sc.min.}$ – valoarea primară a curentului minim de scurtcircuit;

$W_d + W_{eg}$ – spirele înfăşurării diferenţiale şi de egalizare parcurse de acelaşi curent minim de scurtcircuit.

Tensiunea magnetomotoare Umm.sc. reprezintă o sumă a tensiunilor magnetomotoare parţiale corespunzătoare componentelor curentului minim de scurtcircuit ce parcurg înfăşurările releului. Un exemplu în acest sens este dat în figura 15.

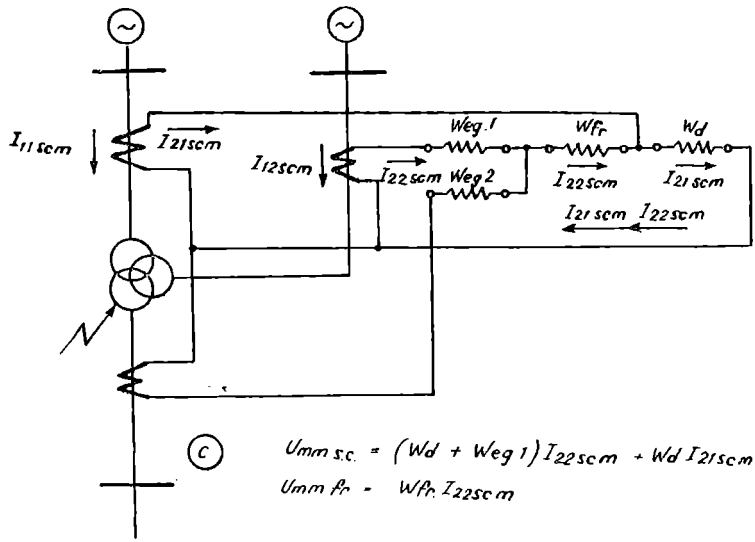


Fig.15

La scurtcircuitul minim considerat releul poate funcţiona cu frînare zero sau diferită de zero, după cum acest curent (sau componentele sale) nu parcurge înfăşurarea de frînare sau o parcurge.

Dacă prin înfăşurarea de frînare curentul de scurtcircuit este nul, atunci tensiunea magnetomotoare de frînare $U_{mm.fr.} = 0$ şi din diagrama

lucru-frînare $U_{mm.sc}$ = 60 A.

Dacă înfăşurarea de frînare este parcursă de curentul de scurtcircuit, atunci:

$$U_{mm.fr.} = W_{fr.} I_{2sc.min.int.}$$

în care:

W_{fr} – numărul de spire al înfăşurării de frînare determinat ca la 2.4.1.5.

Din diagrama lucru-frînare se determină valoarea corespunzătoare pentru $U_{mm.r}$ (fig.10).

În anexa 3 sînt prezentate sub formă de tabel etapele de calcul.

Verificarea reală a încărcării transformatoarelor de curent se face în funcţie de reglajul stabilit. În acest sens se foloseşte curba de consum în funcţie de numărul de spire ale fiecărei înfăşurări (fig.16). Consumul total ce revine unui transformator de curent este egal cu suma consumatorilor fiecărei înfăşurări, în funcţie de numărul de spire stabilit la reglaj, ce se conectează pe transformatorul de curent respectiv.

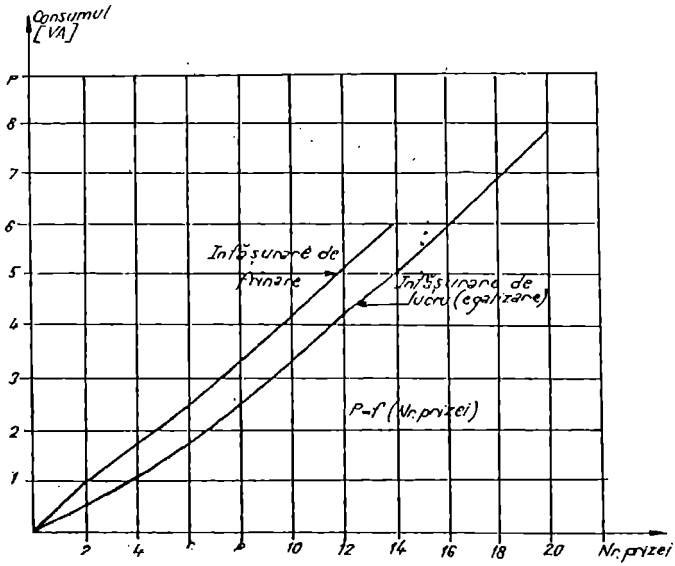


Fig.16

3. VERIFICAREA ŞI REVIZIA

Verificările cu ocazia punerilor în funcţiune şi apoi reviziile periodice trebuie să asigure, prin modul în care sînt făcute, garanţia corectitudinii montajului şi a funcţionării releului diferenţial.

În conformitate cu „Normativul de încercări şi măsurători a echipamente şi instalaţii electrice" PE 116/78, cap.18 – instalaţii de comandă control – poz.18.7, verificările trebuie efectuate:

A – la punerea în funcţiune şi după modificări în instalaţii;

B – la revizia periodică, o dată pe an, şi după o funcţionare incorectă.

În continuare se vor marca cu litera A sau/şi B probele ocazionate de cele două grupe de mai sus.

Este indicat ca o dată la 5 ani revizia periodică să se efectueze în laborator.

O prezentare a acestor probe este dată în anexa 2.

3.1. Verificarea modului de instalare şi montare a releului diferenţial (A)

Această verificare se execută la punerea în funcţiune, după o demontare de pe panou (stelaj) a releului şi ori de cîte ori se desfac legăturile de la releu sau nu există certitudinea unei conectări corecte.

În principal se vor urmări:

– amplasarea pe panou (stelaj), conform planurilor de montaj:

– verificarea tuturor circuitelor, inclusiv inscripţionarea lor corectă, cu respectarea polarităţilor, începînd cu transformatoarele de curent şi sfîrşind cu bornele releului. În figurile 1, 2 şi 3 sînt prezentate scheme de conectare a releului diferenţial în cazul unui transformator cu trei înfăşurări;

– strîngerea suficientă şi corectă a firelor în cleme şi la intrarea în releul diferenţial (şi pentru B);

– verificarea secţiunii conductoarelor cu cele indicate în proiect;

– verificarea inscripţionării corecte a releelor (elementul pe care îl protejează şi faza pe care este montat).

3.2. Verificarea şi revizia releului diferenţial

La verificarea releului trebuie să se confirme şi să existe siguranţa că toate caracteristicile menţionate în documentele ce însoţesc releul sînt integral îndeplinite la punerea în funcţiune şi în perioada de exploatare.

Pentru aceasta verificările vor fi grupate astfel:

- verificarea vizuală de ansamblu;
- verificarea mecanică;
- verificarea electrică.

3.2.1. Verificarea vizuală de ansamblu (A şi B)

La această grupare de verificare se urmăreşte:

- integritatea ansamblului fund-capac;
- să nu existe fire dezlipite sau rupte;
- integritatea elementelor componente;
- lipsa corpurilor străine;
- starea generală interioară.

3.2.2. Verificări mecanice (A şi B)

La această grupă de verificări se va urmări:

- Dacă toate subansamblele sînt bine fixate;
- Dacă şuruburile de reglaj (alegere a prizelor) intră cu uşurinţă în locaşul lor şi pot fi introduse pînă la capăt astfel ca să existe un contact perfect. Aceste şuruburi (fig.17) trebuie să aibă suprafaţa de contact bine prelucrată, cu muchiile teşite, fără bavuri care să producă zgîrieturi ale suprafeţelor cu care vin în contact. Dacă şuruburile de contact nu pătrund uşor în locaşul lor (din cauza unor corpuri străine etc.) se va introduce cu grijă un tarod M4 pentru degajarea canalelor.
- Releul RC, şi anume starea lui generală, rotirea uşoară şi fără frecări vizibile a armăturii, starea contactelor, distanţa dintre contacte (fig.18), precum şi presiunea pe contact (această presiune se va urmări vizual, urmînd ca ea să fie măsurată prin acţionarea releului, cum se va vedea la pct.3.2.3.).

Dacă este cazul, contactele se vor curăţa cu solvenţi pasivi (benzină, alcool, tetraclorură de carbon etc.) şi se vor lustrui cu o leră cu rizuri foarte fine sau cu lemn de esenţă moale. Nu se va folosi în nici un caz pînză şlefuită.

- Pachetul de tole să fie foarte bine strîns.

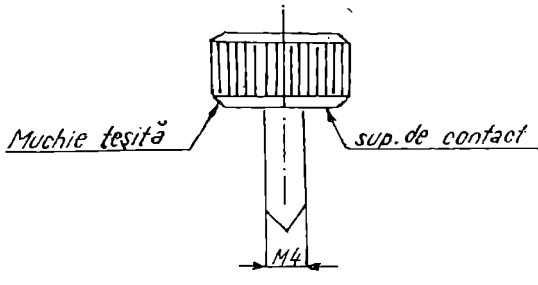


Fig.17

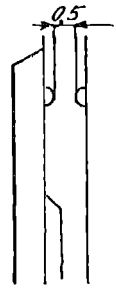


Fig.18

3.2.3. Verificarea electrică

Aceste verificări sînt:

- măsurarea rezistenţei de izolaţie;
- verificarea releului RC;
- caracteristica de lucru în lipsa frînării;
- coeficientul de saturaţie;
- caracteristica de lucru-frînare;
- verificarea reglajelor.

TOATE VERIFICĂRILE SE VOR EXECUTA CU CAPACUL MONTAT !

3.2.3.1. Măsurarea rezistenţei de izolaţie (A şi B)

Verificarea rezistenţei de izolaţie se face cu inductorul de 1000 V între toate înfăşurările şi miezul magnetic, precum şi între înfăşurări, conform

indicațiilor din anexa 1. În ambele situații rezistența de izolație trebuie să fie mai mare de 50 MΩ (releul va fi deconectat de la restul instalației).

3.2.3.2. Verificarea releului RC (A)

Releul RC trebuie să acționeze ferm, fără vibrații, cînd indicatorul se află în dreptul reperului marcat pe placa frontală, la un curent de 0,2 A ± 10%. Se vor folosi aparatele:

– o trusă de curent-tensiune tip ICEMENERG sau orice altă sursă capabilă să scoată un curent sinusoidal avînd și posibilitatea unui reglaj fin (AT);

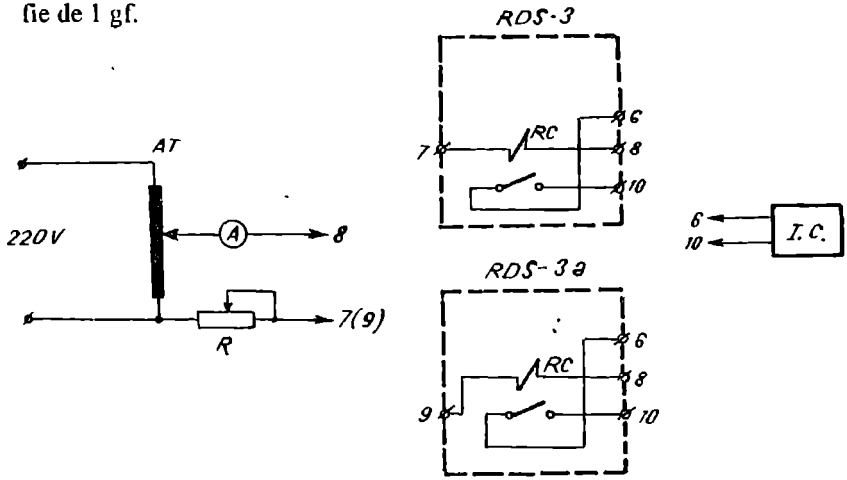
– un ampermetru clasa 1,5 pentru măsurarea curentului de acționare (A);

– un indicator de continuitate (IC);

– un reostat de limitare de circa 1000 Ω și 0,5 A.

Sursa se conectează la bornele 8 și 9, iar fișa corespunzătoare grupului de bucșe notate cu M (în stînga plăcii frontale) se va scoate pentru RDS–3a; pentru RDS–3 sursa se conectează între bornele 7-8 (fig.19).

Pentru măsurarea presiunii pe contacte se folosește aceeași schemă și un dinamometru pentru contacte. Se stabilesc curentul de acționare (0,2A) și indicatorul în dreptul reperului pentru care presiunea pe contacte trebuie să fie de 1 gf.



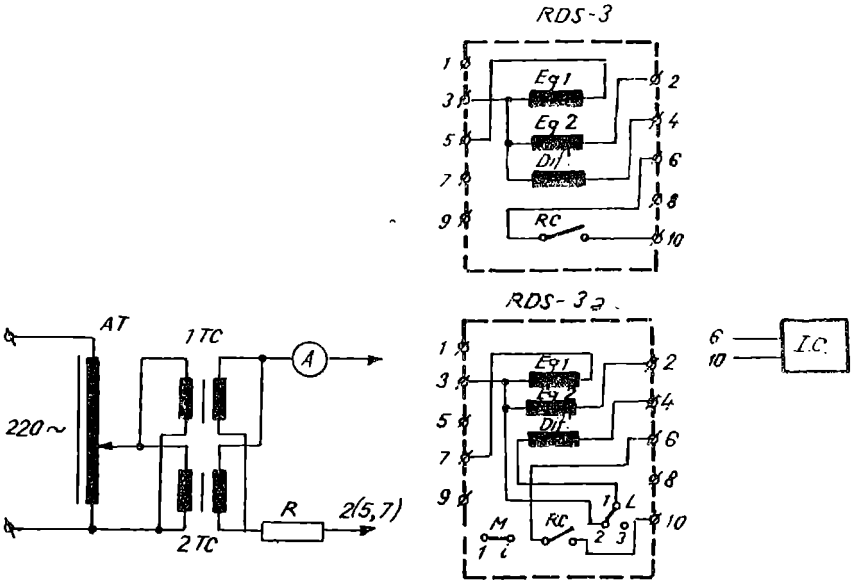
AT – Autotransformator 250V 8A

A – Miliampermetru 0-1000mA cl.1,5

Ic – Indicator de continuitate

R – Reostat cca 1000 Ω 0,5A

Fig.19



Varianta	Bornele de alimentare	
	Dif.+Eg1	Dif+Eg2
RDS-3	4-5	4-2
RDS-3a	4-7	4-2

AT – Autotransformator 250V, 8A
1TC-2TC – Transformatoare curent-tensiune (TC-1000)
A – Ampermetru 0-15A, cl.1,5
R – Rezistenţa 5-9Ω, 20A
IC – Indicator de continuitate

Fig.20

3.2.3.3. Verificarea caracteristicii de lucru în lipsa frînării (A şi B numai după o funcţionare incorectă)

În lipsa frînării releul diferenţial acţionează cînd amperspirele de lucru ating valoarea de 60 ± 5 (indicatorul releului RC trebuie să fie în dreptul reperului).

Verificarea trebuie să se facă cu un montaj care să poată asigura curenţi sinusoidali. În fig.20 este prezentată schema de verificare în care se foloseşte, ca sursă, fie o trusă de curent-tensiune ICEMENERG fie un autotransformator şi transformatoare de curent-tensiune (de exemplu, TC 1000, produs ICEMENERG). Deoarece circuitul este puternic inductiv, pentru ameliorarea curbei curentului, se foloseşte în serie o rezistenţă de 5-9 Ω, 20 A. Aparatul de măsură poate fi de orice tip, însă nu inferior clasei de precizie 1,5.

În timpul verificărilor pentru varianta RDS–3a fişa corespunzătoare bucşelor M se introduce în poz.1-2, iar fişa corespunzătoare bucşelor L se introduce în poz.1-2.

Sursă se conectează la bornele releului pentru fiecare variantă, conform tabelului din figura 20. La bornele 6-10 se conectează un indicator de continuitate. Funcţionarea este corectă atunci cînd produsul dintre valoarea curentului pentru care contactul releului RC se închide şi numărul de spire aflate în circuit este de 60 ± 5. Numărul de spire pentru care se fac verificările, corespunzător celor două moduri de alimentare, se indică în tabelul 1.

Tabelul 1

	Priza corespunzătoare fiecărei înfăşurări												
Inf. diferenţială	20	13	10	8	6	5	5	5	5	5	5	5	5
Inf. de egalizare E'_1 (E'_2)	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3
Inf. de egalizare E_1 (E_2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	12	16
Total spire	20	13	10	8	6	5	6	7	8	12	16	28	24

3.2.3.4. Verificarea coeficientului de saturație (A)

Coeficientul de saturație al releului RDS caracterizează gradul de saturație al TSR. În acest scop se folosește numai înfășurarea diferențială cu numărul maxim de spire (20 de spire) și schema de verificare din figura 20. Verificarea coeficientului de saturație se face astfel:

– se rotește indicatorul releului RC spre stînga, astfel încît el să fie la limita de acționare pentru un curent de 15 A (5 I_n) prin înfășurarea diferențială (la 20 de spire ale înfășurării diferențiale I_n = 3 A, corespunzător U_{mm} = 60 A, deci curentul de acționare de 15 A reprezintă de fapt 5 I_n);

– fără a schimba poziția indicatorului se măsoară curentul de acționare a releului RC, așa cum s-a arătat la pct.3.2.3.2., cu schema din figura 19. Acest curent se va nota cu I 15 (deoarece reprezintă curentul din înfășurarea secundară a TSR, corespunzător unui curent de 15 A în înfășurarea diferențială care produce acționarea releului RC);

– dacă se notează cu I 3 curentul de acționare a releului RC corespunzător indicatorului în dreptul reperului (valoare determinată la pct. 3.2.3.2. și egală cu 0,2 A, reprezentînd de fapt curentul din înfășurarea secundară a TSR pentru un curent de 3 A în înfășurarea diferențială) coeficientul de saturație se definește:

$$K_{sat.} = \frac{I15}{I3}$$

Pentru asigurarea unei funcționări corecte, coeficientul de saturație trebuie să fie:

– pentru RDS–3 $1{,}3 \leq K_{sat.} \leq 1{,}4$

– pentru RDS–3a $1{,}35 \leq K_{sat.} \leq 1{,}8$

3.2.3.5. Verificarea caracteristicii de lucru-frînare (A și B numai după o funcționare incorectă)

Caracteristica de lucru-frînare (curba din figura 10) se verifică utilizînd două surse de alimentare.

Înaintea măsurătorilor, releul se pregătește astfel:

– se aduce indicatorul releului RC în dreptul reperului;

– pentru înfășurarea diferențială se aleg 20 de spire;

– pentru înfășurarea de frînare se aleg 2x14 spire;

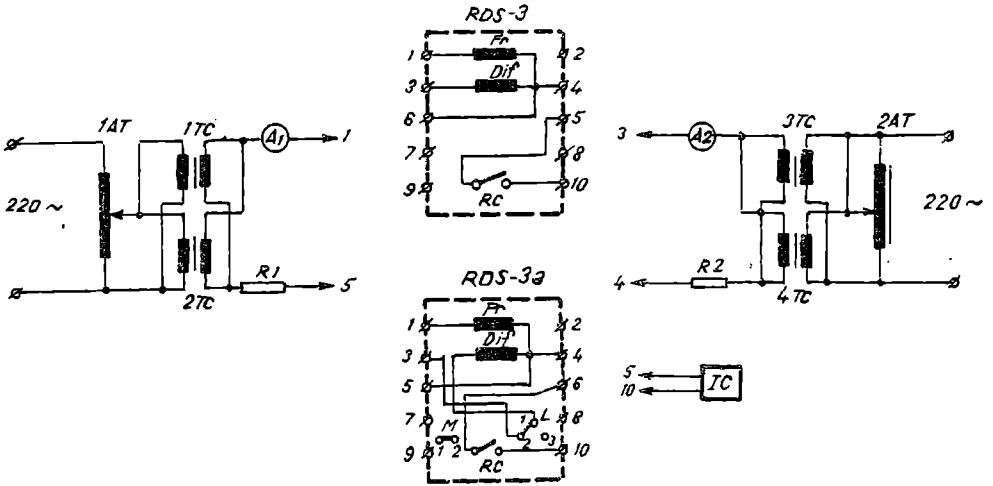
– pentru varianta RDS–3a fişa corespunzătoare bucşelor M se aşează pe poziţia 1-2, iar fişa corespunzătoare bucşelor L se aşează pe poz.1-2.

În figura 21 este prezentată schema electrică de verificare, fiind utilizate aceleaşi tipuri de aparate ca şi în schema din figura 20. Ca metodă de lucru, pentru un punct oarecare al caracteristicii, se stabileşte o valoare a curentului în înfăşurarea de frînare şi apoi se reglează curentul în înfăşurarea diferenţială, pînă cînd releul lucrează. În momentul în care releul lucrează se va urmări ca valoarea curentului în înfăşurarea de frînare să fie corect stabilită.

Valorile pentru care se fac determinările sînt trecute în tabelul 2. Valorile măsurate nu trebuie să depăşească cu mai mult de ± 7% aceste valori.

Tabelul 2

$I_{fr.}$ A	0 3,57	5,36	7,15	8,93	10,7	12,5	14,3	16,05	17,85
I_1, A RDS–3	3 5	6,25	7,75	9,6	11,1	12,8	14,5	16,2	18,25
I_1, A RDS–3a	3 5	6,25	7,75	9,75	11,5	13,75	16,5	19,5	22,5
A. sp. fr.	0 100	150	200	250	300	350	400	450	500
A. sp. 1 RDS–3	60 100	125	155	192	222	258	290	325	365
A. sp. 1 RDS–3a	60 100	125	155	195	230	275	330	390	450



1AT–2AT – Autotransformator – 250V, 8A
1TC–4TC – Transformatoare curent-tensiune (TC–1000)
A1–A2 – Ampermetru 0-25A, cl.1,5
R1-R2 – Rezistenţe 5-9Ω, 20A
IC – Indicator de continuitate

Fig.21

3.2.3.6. Verificarea reglajelor (A şi B)

După stabilirea reglajelor se va face verificarea releului în această situaţie.

Verificarea se face numai pentru curentul de lucru în lipsa frînării, aşa cum s-a descris la pct.3.2.3.3. şi curentul de lucru în funcţie de frînare, aşa cum s-a arătat la pct.3.2.3.5. Valorile obţinute se vor compara cu valorile predeterminate în calcul şi trebuie să se încadreze în limitele de erori ale releului diferenţial (± 5 Asp pentru înfăşurarea diferenţială şi ± 7% pentru curentul de lucru, în funcţie de curentul de frînare).

3.3. Verificarea funcţionării protecţiei diferenţiale

Verificarea funcţionării protecţiei diferenţiale trebuie să se facă în condiţii cît mai apropiate de condiţiile reale de funcţionare. Aceste verificări trebuie să cuprindă:

- verificarea circulaţiei curenţilor în înfăşurările releului diferenţial;
- verificarea la şocul curentului de magnetizare;
- verificarea la scurtcircuite exterioare;
- verificarea la scurtcircuite interioare.

3.3.1. Verificarea circulaţiei curenţilor în înfăşurările releului diferenţial (A şi B)

Verificarea se face cu transformatorul în sarcină sau, dacă există această posibilitate, cu tensiune progresivă şi scurtcircuit la bornele secundare. Cu ocazia acestor verificări se vor măsura:

– modulul curenţilor care intră în releul diferenţial. Cunoscîndu-se numărul de spire ale înfăşurării diferenţiale şi ale celor de egalizare se poate calcula eroarea reală de egalizare în relaţia de la pct.2.4.1.3.;

– diagrama vectorială a curenţilor care intră în releul diferenţial, urmărindu-se corect compensarea curenţilor în ramura diferenţială (pot apărea mici diferenţe ca urmare a erorilor de unghi ale transformatoarelor de curent);

– măsurarea curentului de dezechilibrare care parcurge releul RC din releul diferenţial. Aparatul folosit trebuie să fie de sensibilitate mare şi consum extrem de redus; în caz contrar sarcina suplimentară reprezentată de aparat pe înfăşurarea secundară a TSR va duce la erori mari în raport cu măsurătorile efectuate la pct.3.2. Se mai poate măsura curentul de dezechilibru şi sub forma unei căderi de tensiune pe înfăşurarea releului RC, folosind un aparat cu cel puţin 100 000 ohmi/V, un osciloscop sau un oscilograf.

În figura 22 este dată caracteristica U= f(I) a releului RC astfel încît se poate determina curentul de dezechilibru măsurînd căderea de tensiune pe înfăşurarea releului RC.

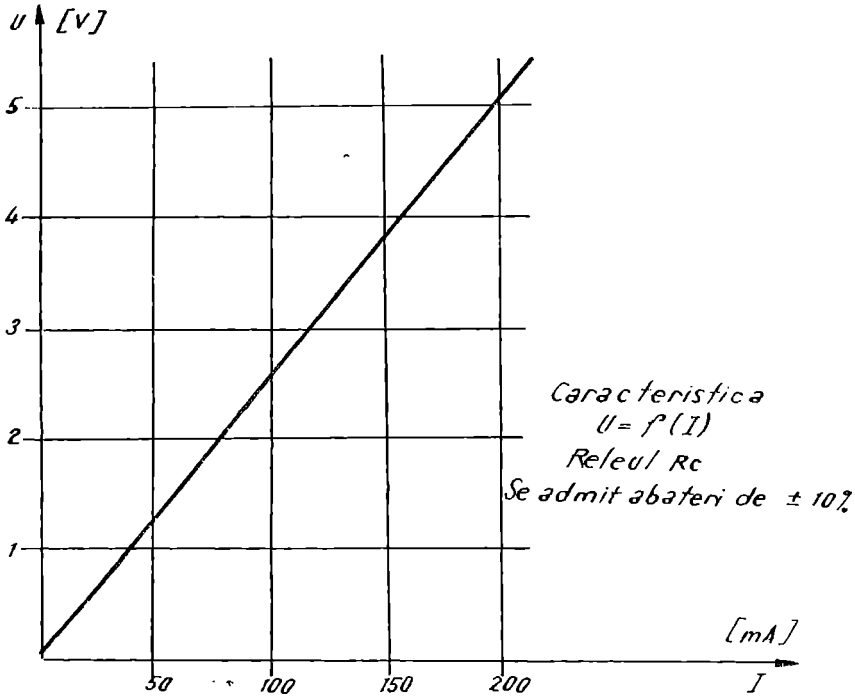


Fig.22

Curentul de dezechilibru-limită maxim admisibil este:

$$I_{dez.max.} = \frac{K_{rev.}}{K_{sing.}} I_{ac.} = \frac{0,85}{1,5} \cdot 0,2 = 0,144A$$

unde:

$K_{rev.}$ – coeficientul de revenire al releului RC indicat de uzinele „Electromagnetica"; $K_{rev.} = 0,85$;

$K_{sing.}$ – coeficientul de siguranţă; $K_{sing.} = 1,5$;

$I_{ac.}$ – curentul de acţionare al releului RC; $I_{ac.}$ = 0,2 A.

Se adoptă ca valoare maximă admisibilă:

$$I_{dez.max.} = 0,100 \text{ A}$$

La aceste verificări contactul releului nu trebuie să acţioneze asupra declanşării.

3.3.2. Verificarea la şocul curentului de magnetizare (A şi B)

Verificarea se va face prin conectarea transformatorului de 5-6 ori la reţea, fără sarcină. Este recomandabil să se oscilografieze curentul de dezechilibru sub forma unei căderi de tensiune pe releul RC şi să se compare cu valorile obţinute oscilografiate în condiţiile pct.3.2.3.2.

La aceste verificări contactul releului trebuie să acţioneze asupra declanşării.

3.3.3. Verificarea la scurtcircuite exterioare (A)

O verificare concludentă constă în efectuarea unor probe de scurtcircuit în afara zonei protejate.

În timpul probelor, comutatorul de ploturi trebuie să fie pe valoarea cea mai mare de reglaj şi se vor oscilografia atît curenţii de scurtcircuit cît şi curentul de dezechilibru, ca la pct.3.3.2. După etalonare se poate determina coeficientul real de siguranţă:

$$K_{sig.} = \frac{0,2}{I_{dez}}$$

0,2 reprezentînd valoarea (0,2A) de acţionare a releului diferenţial, iar $I_{dez.}$ – curentul de dezechilibru din înfăşurarea secundară a TSR oscilografiată.

Această probă este facultativă.

3.3.4. Verificarea la scurtcircuite interioare (A)

Sensibilitatea protecţiei se verifică pentru curentul de scurtcircuit minim în zona protejată, care de obicei este cel bifazat la bornele secundare ale transformatorului. În principiu, dacă au fost făcute probe la pct.3.3.3., se poate calcula sensibilitatea protecţiei cunoscînd valoarea acestor curenţi de scurtcircuit şi utilizînd relaţiile de calcul de la pct.2.4.

Dacă se poate creşte progresiv tensiunea la bornele primare ale transformatorului şi se realizează un scurtcircuit bifazat la bornele secundare se poate aproxima curentul bifazat de scurtcircuit. Măsurînd curentul secundar

la care a lucrat protecţia (Im) şi tensiunea la bornele transformatorului U_m în acel moment se determină, cu aproximaţie, curentul de scurtcircuit:

$$Z_K = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U_n}{I_K}; \quad I_K = I_m \frac{U_n}{U_m},$$

în care:

U_n – tensiunea nominală a transformatorului pe partea unde se măsoară U_m.

Coeficientul de sensibilitate se determină după cum s-a arătat la pct.2.4. Această probă este facultativă.

4. FORMAŢIA DE LUCRU ŞI DURATA VERIFICĂRILOR

Verificarea protecţiei diferenţiale va fi executată de o echipă compusă dintr-un cadru tehnic cu pregătire profesională corespunzătoare (studii tehnice de specialitate, cunoaşterea instalaţiei, experienţa în verificări de circuite secundare) şi doi electricieni PRAM, categ. 6 şi 4.

În tabelul 3 sînt trecute normele de timp pe operaţii, pentru verificarea unui releu diferenţial, tip RDS, avînd ca bază „Norme şi normative de timp şi de personal unificate pentru lucrări de exploatare şi întreţinere" cap.6 activitate PRAM.

Tabelul 3

Nr. crt.	Operaţia	Timpul min	Formaţia
1.	Verificarea modului de instalare şi montare	120	1 muncit.categ.6 1 muncit.categ.4
2.	Verificarea releului	420	
2.1.	Verificarea vizuală	15	1 muncit.categ.4
2.2.	Verificări mecanice	45	1 muncit.categ.4
2.3.	Măsurarea rezistenţei de izolare	15	2 muncit.categ.4+6
2.4.	Verificarea releului RC	45	1 muncit.categ.6
2.5.	Verificarea caracteristicilor de lucru	60	1 muncit.categ.6
2.6.	Verificarea coeficientului de siguranţă	30	1 muncit.categ.6
2.7.	Verificarea caracteristicii lucru-frînare	90	1 muncit.categ.6
2.8.	Verificarea reglajelor	120	2 muncit.categ.4+6

5. APARATE, SCULE ŞI MATERIALE NECESARE VERIFICĂRILOR

Pentru probe şi verificări trebuie pregătite:

- miliampermetru c.a. cl.1,5 0-600 mA — 1 buc.
- ampermetru c.a. cl.1,5 0-50 A — 2 buc.
- voltmetru c.a. cl.1,5 0-10 V 100Ω/V — 1 buc.
- trusă TCT-2 (ICEMENERG) sau — 2 buc.
- autotransfomator reglabil ATR-8 — 2 buc.
- transformator de curent TC 1000 (ICEMENERG) — 4 buc.
- inductor 1000 V — 1 buc.
- indicator continuitate — 1 buc.
- rezistenţa 5-9 ohmi, 20 A — 2 buc.
- dinamometru 0-5 gf (0-10gf) — 1 buc.
- trusă scule electricieni
- cleşte plombat
- cordoane diferite
- clemé crocodil, papuci
- piele căprioară
- solvenţi pasivi (tetraclorură de carbon, neofalină etc.)
- cositor fludor
- lac incolor

6. NORME DE PROTECŢIE A MUNCII ŞI MĂSURI SPECIALE

Verificările se vor face cu respectarea strictă a „Normelor de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice" aprobat cu Ord. M.E.E. nr.196/1971.

În mod deosebit se subliniază:

– la executarea lucrărilor se vor folosi numai aparate şi scule corespunzătoare din punctul de vedere al N.P.M.;

– la verificările pe viu, în condiţii reale, instalaţiile fiind sub tensiune se vor lua toate măsurile prevăzute în N.P.M. pentru prevenirea accidentelor şi a avariilor.

7. ORGANIZAREA LUCRĂRILOR

Pentru a asigura un nivel calitativ superior şi o productivitate a muncii ridicată în timpul lucrărilor de verificări sînt necesare:

- cunoaşterea temeinică a protecţiei şi a releului diferenţial;
- cunoaşterea temeinică a metodicii de verificare;
- pregătirea corespunzătoare a lucrărilor;
- organizarea judicioasă a lucrărilor de verificare propriu-zisă.

7.1. Pregătirea lucrărilor

În această fază se vor executa:

- stabilirea echipei ce urmează să facă verificările, dotarea ei cu aparate, scule şi materiale, inclusiv echipamentele şi dispozitivele de protecţie conform N.P.M. corespunzătoare genului de lucrări ce urmează a se efectua;
- emiterea cererii de scoatere de sub tensiune a instalaţiei ce se va verifica;
- studierea documentaţiei releului RDS şi a metodologiei de verificare.

7.2. Executarea verificărilor

Calitatea lucrărilor, productivitatea muncii şi securitatea personalului din echipă depind de modul judicios de efectuare a verificărilor şi, în principiu, trebuie avute în vedere:

- pregătirea corectă a locului de muncă din punct de vedere tehnic şi al N.P.M.;
- instruirea personalului din echipă asupra lucrărilor ce se vor executa şi asupra normelor de protecţie a muncii specifice;
- stabilirea exactă a ordinii de efectuare a lucrărilor, în vederea eliminării timpilor morţi.

7.3. Încheierea lucrărilor

Înainte de părăsirea locului de muncă se va verifica:

- dacă reglajele sînt cele stabilite;
- dacă toate legăturile sînt executate;
- dacă s-a montat şi s-a sigilat capacul;
- dacă s-au anulat semnalizările;
- starea siguranţelor (inclusiv a calibrării acestora);

– prezența tensiunii operative;

– corectitudinea pozițiilor dispozitivelor de deconectare și a blocurilor de încercare;

– completat buletinul (model buletin anexa 4);

– consemnat în registrul PRAM al instalației a lucrărilor și a reglajelor efectuate;

– încheiat autorizația de lucru și ridicarea tuturor îngrădirilor.

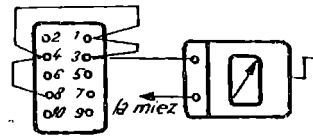
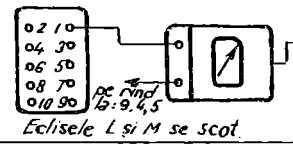
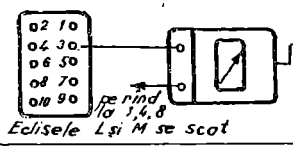
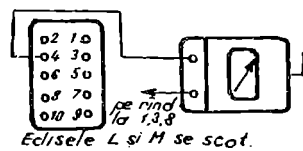
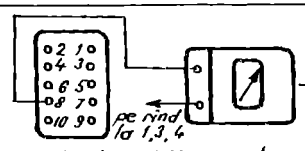
BIBLIOGRAFIE

1. x x x — Documentația de însoțire a releului RDS–3a ICEMENERG.

2. Călin, S. și Marcu, S. Protecția prin relee a sistemelor electrice. București, Editura tehnică, 1965.

ANEXA 1

Tabel 1

Nr. crt.	Măsuratoarea efectuată	Schema de verificare	Valori limită admise
1.	Rezistența de izolație între înfășurări și miez		50 Mohmi
2.	Rezistența de izolație între înfășurarea de fixare și celelalte înfășurări	 Eclisele L și M se scot	50 Mohmi
3	Rezistența de izolație între înfășurare de egalizare și celelalte înfășurări	 Eclisele L și M se scot	50 Mohmi
4	Rezistența de izolație între înfășurarea diferențiată și celelalte înfășurări	 Eclisele L și M se scot.	50 M ohmi
5	Rezistența de izolație între înfășurarea secundară și celelalte înfășurări	 Eclisele L și M se scot.	50 M ohmi

ANEXA 2

Tabel 2

Nr. crt.	Tipul verificărilor	Prevăzut în instrucțiunea pct.	Punerea în funcț. reparaț. sau modificări	Periodice
1.	Verificarea modului de instalare și montare	3.1.		
1.1.	– amplasarea pe panouri (stelaj) cf. planurilor de montaj.		x	
1.2.	– verificarea tuturor circuitelor inclusiv inscripționarea corectă, respectarea polarităților.		x	
1.3	– strîngerea suficientă și corectă a firelor în cleme și la intrarea în releu.		x	x
1.4.	– verificarea secțiunii conductoarelor față de cele indicate în proiect.		x	
1.5.	– verificarea inscripționării corecte (element pe care-l protejează, faza pe care este montat).		x	
2.	Verificarea și revizia releului diferențial	3.2.		
2.1.	Verificarea vizuală de ansamblu, integritatea ansamblului și a elementelor componente, să nu existe fire suple sau dezlipite, corpuri străine etc.).	3.2.1.	x	x
2.2.	Verificări mecanice (buna fixare a subansamblelor, starea bună a șuruburilor de reglaj și a locașurilor în care se introduc, partea mecanică a releului RC etc.).	3.2.2.	x	x
2.3.	Verificări electrice	3.2.3.		
2.3.1.	Măsurarea rezistenței de izolație	3.2.3.1.	x	x
2.3.2.	Verificarea releului RC	3.2.3.2.	x	
2.3.3.	Verificarea caracteristicii de lucru în lipsa frînării	3.2.3.3.	x	(x)
2.3.4.	Verificarea coeficientului de saturație	3.2.3.4.	x	
2.3.5.	Verificarea caracteristicii lucru frînare	3.2.3.5.	x	(x)
2.3.6.	Verificarea reglajelor	3.2.3.6.	x	x
3.	Verificarea protecției diferențiale	3.3.		
3.1.	Verificarea circulației curenților în înfășurările releului	3.3.1.	x	x
3.2.	Verificarea la șocul curentului de magnetizare	3.3.2.	x	x
3.3	Verificarea la scurtcircuite exterioare	3.3.3.	[x]	
3.4.	Verificarea la scurtcircuite interioare	3.3.4.	[x]	

[x] numai după o funcționare incorectă

(x) facultativ

PROTECȚIA DIFERENȚIALĂ
CALCULUL REGLAJELOR — RELEE RDS

Nr. crt.	Denumirea mărimii calculate	Simbol și relația de calcul	U/M	Valori numerice		
				I.T. 1	M.T. 2	J.T. 3
	DATE INIȚIALE					
1	Putere nominală a transformatorului	S_n	kVA			
2	Tensiunea nominală	U_n	kV			
3	Curenții nominali	$I_m = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n}$	A			
4	Grupa de conexiuni					
5	Treapta maximă al reglajului tensiunii	ΔU_{max}	%			
6	Raportul transformatoarelor de curent	$n_{Tc} = \frac{I_1}{I_2}$	A/A			
7	Eroarea maximă a transformatoarelor de curent	Δf_i	%			
8	Conexiunea înfășurărilor secundare ale transf de curent					
9	Factorul de schemă	K_{sch}				
10	Curenții nominali secundari în circuitele protecției diferențiale	$I_{2n} = \frac{I_m K_{sch}}{n_{Tc}}$	A			
11	Valoarea maximă a curenților de scurt circuit, în afara zonei protejate - Valori primare	$I'_{1sc\ max\ ext.}$	A			
12	Valoarea maximă a curenților de scurtcircuit în afara zonei protejate - Valori secundare	$I''_{2\ sc\ max\ ext.} = \frac{I'_{1sc\ max\ ext} K_{sch}}{n_{Tc}}$	A			
13	Valoarea minimă a curentului de scurt circuit în zona protejată Valori primare	$I_{1sc\ min.\ int}$	A			
14	Valoarea minimă a curentului de scurt circuit în zona protejată - Valori secundare	$I''_{2\ sc\ min\ int} = \frac{I_{1sc\ min\ int} K_{sch}}{n_{Tc}}$	A			
	CALCULAREA CURENȚILOR DE DEZECHILIBRU ȘI AL VALORILOR DE REGLAJ					
1	Curenții de dezechilibru datorați șocului de magnetizare	$I_{dez_m} = 4 I_{2n} I_{pp}$	A			
2	Numărul de spire al înfășurării diferențiale: Calculat	$W_{dc} = \frac{\theta_{nm}}{I_{pp}}$	Sp			
	Ales	W_d	Sp			
3	Calculul necesității egalizării I_{eg} curentul sec cel mai mare dintre cei 2(3) curenți I_{2m} curentul sec ce trebuie egalizat	$\Delta_{eg} = \frac{I_{2a} - I_{2m}}{I_{2m}} \cdot 100$	%			
	Obs: se face egalizarea numai dacă	$\Delta_{eg} \geq 5\%$				

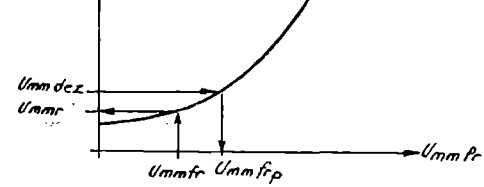
RDS - Calculul reglajelor

Nr. crt.	Denumirea mărimii calculate		Simbol și relația de calcul	U_M	Valori numerice IT 1	MT 2	JT 3
4	Numărul de spire al înfășurărilor de egalizare	calculat	$W_{eg\,c} = \frac{I_{2p} - I_{2m}}{I_{2m}} W_d$	Sp			
		ales	Weg. 1	Sp			
			Weg. 2	Sp			
5	Calculul erorii de egalizare		$\Delta_{feg} \frac{(W_d + W_{eg}) I_{2m} - W_d I_{2p}}{W_d I_{2p}} 100$	%			
6	Curenții de dezechilibru datorați scurtcircuitelor exterioare		$I_{dez\,sc.} = \frac{1}{100} (\Delta U_{max} + \Delta f_{eg} + \Delta f_i) I''_{sc.\,max.\,ext.}$	A			
7	Curentul de dezechilibru pentru care se face desensibilizare prin frînare		$I_{pp_2} = 1{,}5\, I_{dez\,sc.}$	A			
8	Tensiunea magnetomotoare de dezechilibru care trebuie compensată prin frînare (dacă este cazul se calculează atît pentru Weg 1 cît și pentru Weg 2 alegîndu-se valoarea cea mai mare)		$U_{mm\,dez} = I_{pp\,2} (W_d + W_{eg})$	A			
9	Tensiunea magnetomotoare de frînare necesară determinată grafic în funcție de Umm dez max.		Umm frp	A			
10	Înfășurarea de frînare	Număr spire — calculat	$W_{fr\,c} = \frac{U_{mm\,frp}}{I''_{2\,sc\,max\,ext.}}$	sp			
		Număr spire — ales	$W_{fr} = 2\, N_{fr}$	sp			
		Numărul prizei	$\frac{W_{fr\,c}}{2} \rightarrow N_{fr}$				

VERIFICAREA SENSIBILITĂȚII PROTECȚIEI

1	Tensiunea magnetomotoare de acționare corespunzătoare curentului minim de scurt circuit în zona protejată	în fiecare înfășurare	$(W_d + W_{eg}) I_{2\,sc\,min\,inf.}$	A			
		Totală	$U_{mm\,sc} = \Sigma (W_d + W_{eg}) I_{2\,sc\,min\,inf.}$	A			
2	Tensiunea magnetomotoare de frînare		$U_{mm\,fr} = W_{fr} \cdot I_{2\,sc\,min.\,inf.}$	A			
3	Tensiunea magnetomotoare minimă de acționare c determinată grafic în funcție de Umm fr		Umm r	A			
4	Coeficientul de sensibilitate		$k_{sens} = \frac{U_{mm\,sc}}{U_{mm\,r}} > 1{,}5$				

* Pentru varianta RDS-1 se înlocuiește cifra 80 cu T2



ANEXA 4

Ministerul .....

Intrepr. .....

Secția .....

Centrala - stația .....

BULETIN DE VERIFICĂRI NR.

Data ...

Pentru verificarea releului diferențial RDS

Seria .... Nr. ....

1. Verificarea aspectului exterior și a părții mecanice

Carcasa .... Geam ..... Etanșeizare ..... Rugina

Cleme ..... Conexiuni ..... Alte defecte .....

Contacte ..... Echipaj mobil ..... lagăre .....

Starea părții mecanice după lucrările efectuate satisfăcătoare / nesatisfăcătoare

2. Măsurarea rezistenței de izolație și încercarea cu tens. mărită

Rezistența de izolație cu inductorul de V			Încercarea cu tens. mărită 50 Hz
între borne și mîezul magnetic M	între circuitele de c.c și circuitele de c.a	între înfășurările primare și secundare TS R	
			..... kV ... min/fir

3 Reglarea părții mecanice a releului R.C

5. Verificarea funcționării releului RC satisfăcător / nesatisfăcător

i- ..... A ..... U V

6 Verificarea caracteristicii de lucru în lipsă frînării

Nr. spire																					
	Înfășurarea dif.																				
	Înfășurarea egaliz. Eg 1																				
	Înfășurarea egaliz. Eg 2																				
Total spire																					
Curent de lucru I [A]																					
Amper spire de lucru																					

7. Verificarea coeficientului de saturație

$$K_{sat.} = \frac{I_{1S}}{I_3} = \frac{\quad}{\quad} =$$

8 Verificarea caracteristicii de lucru frînare, Nr. sp lucru .. Nr. sp frînare

Ifr. [A]																					
Ir [A]																					
A. sp frînare																					
A. sp lucru																					

Reglajul stabilit	Nr. spire dif.	Nr. spire egaliz. I	Nr. spire egaliz. II	Nr. spire de frînare

Verificarea pe viu a protecției

La șocul curentului de magnetizare .....

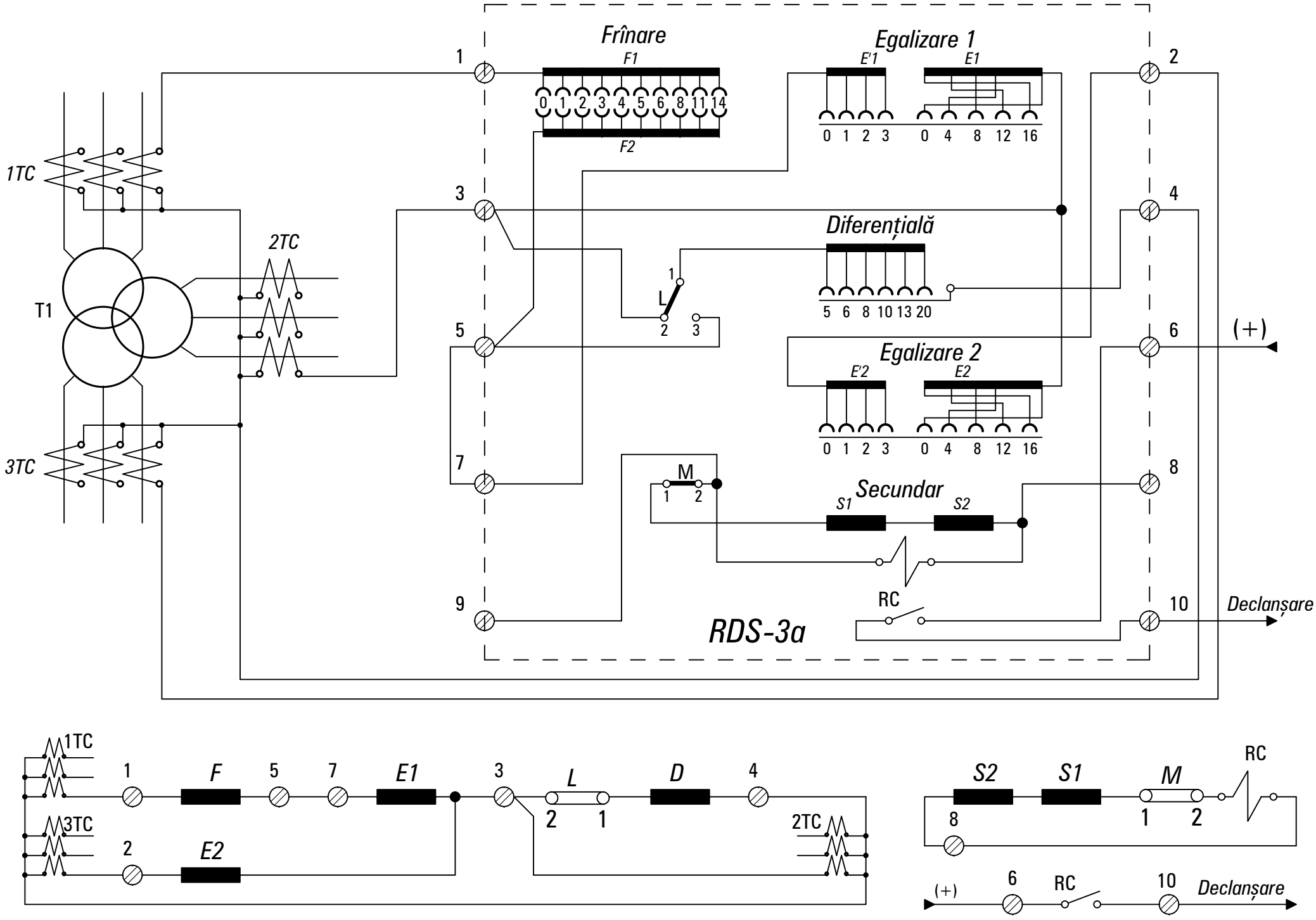
La scurt circuit exterior .. ....

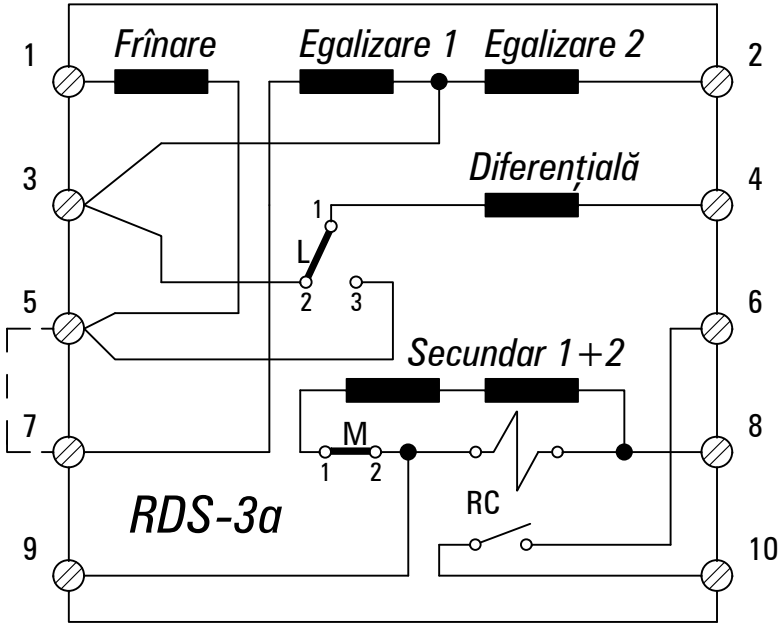
La scurt circuit în zonă .....

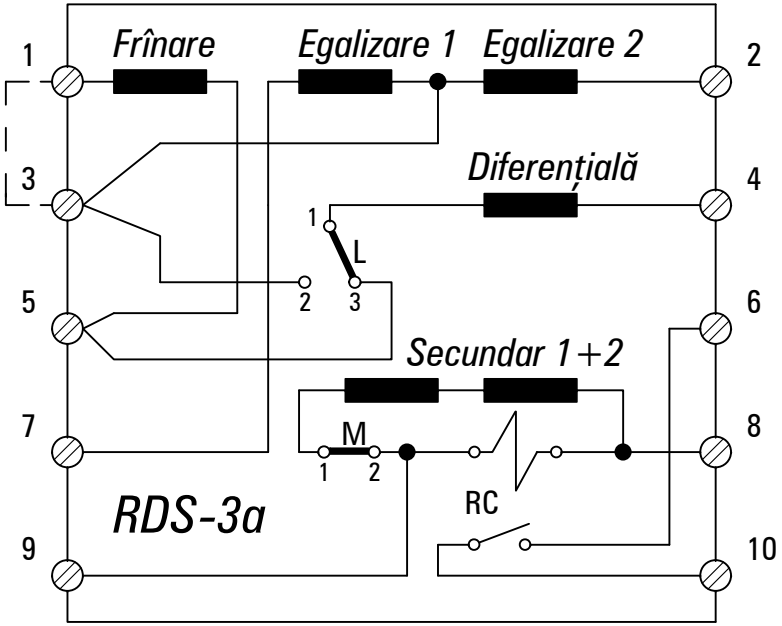
Observații: .....

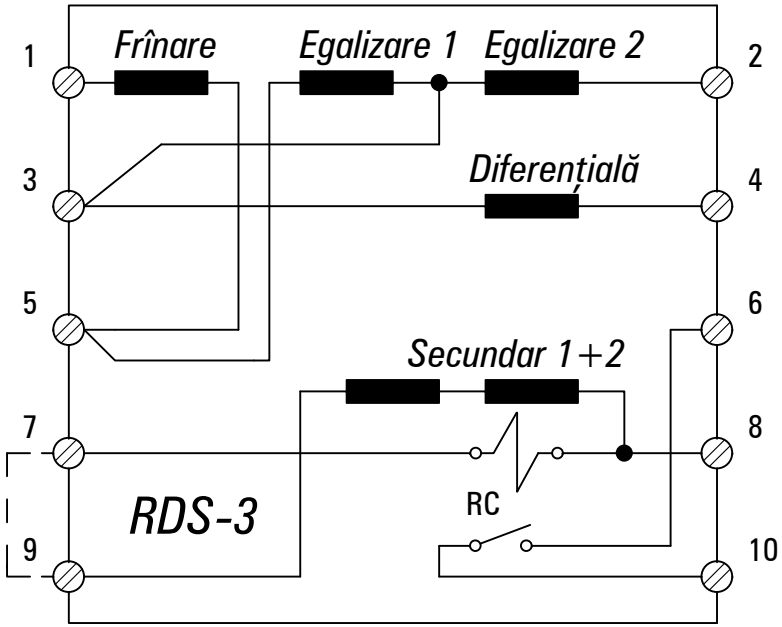
Concluzii. .....

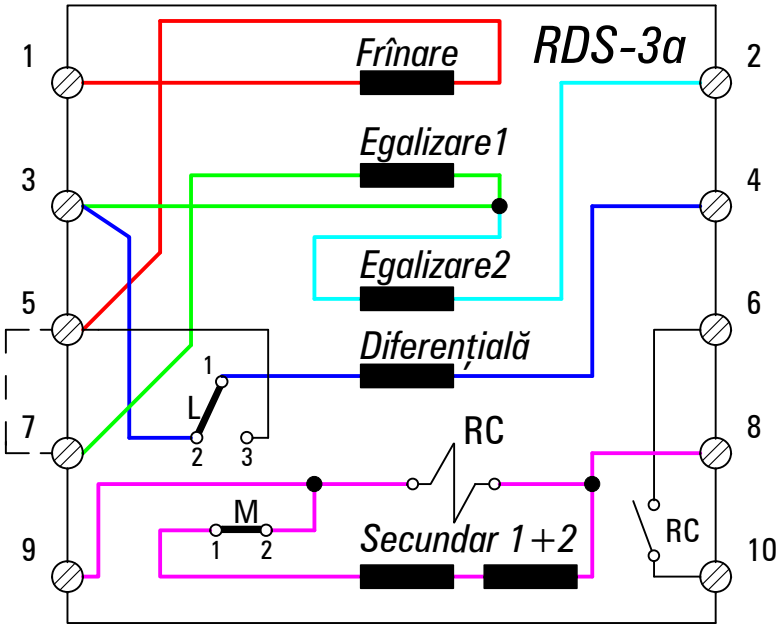
Executat de ..... Verificat, ...

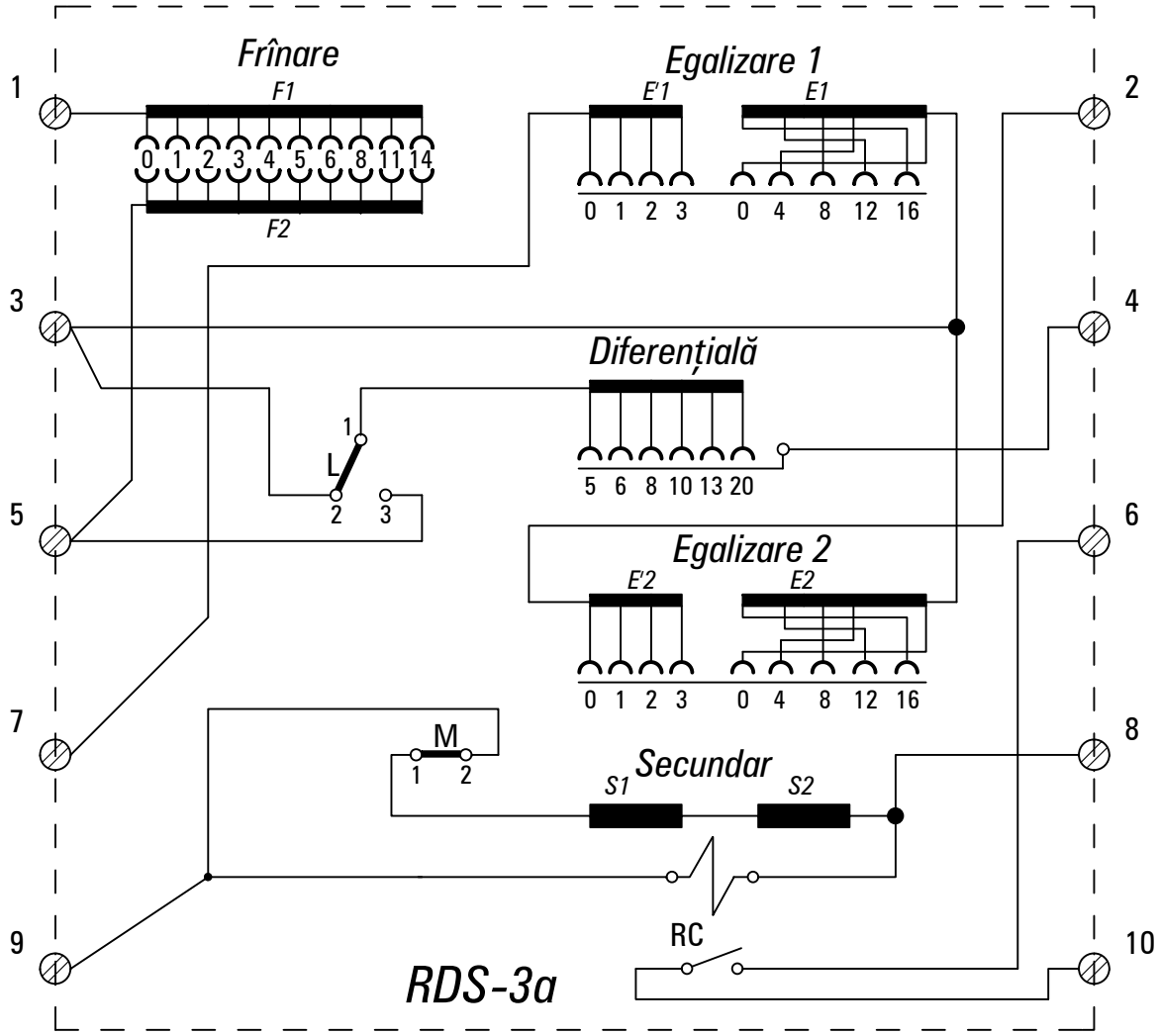

Frînare
F1
F2
0 1 2 3 4 5 6 8 11 14
Egalizare 1
E'1
E1
0 1 2 3
0 4 8 12 16
Diferențială
5 6 8 10 13 20
Egalizare 2
E'2
E2
0 1 2 3
0 4 8 12 16
Secundar
S1
S2
M
1 2
L
1
2 3
1TC
2TC
3TC
T1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
(+)
RC
Declanșare
RDS-3a
1TC
3TC
F
E1
E2
L
D
2TC
S2
S1
M
RC
(+)
Declanșare

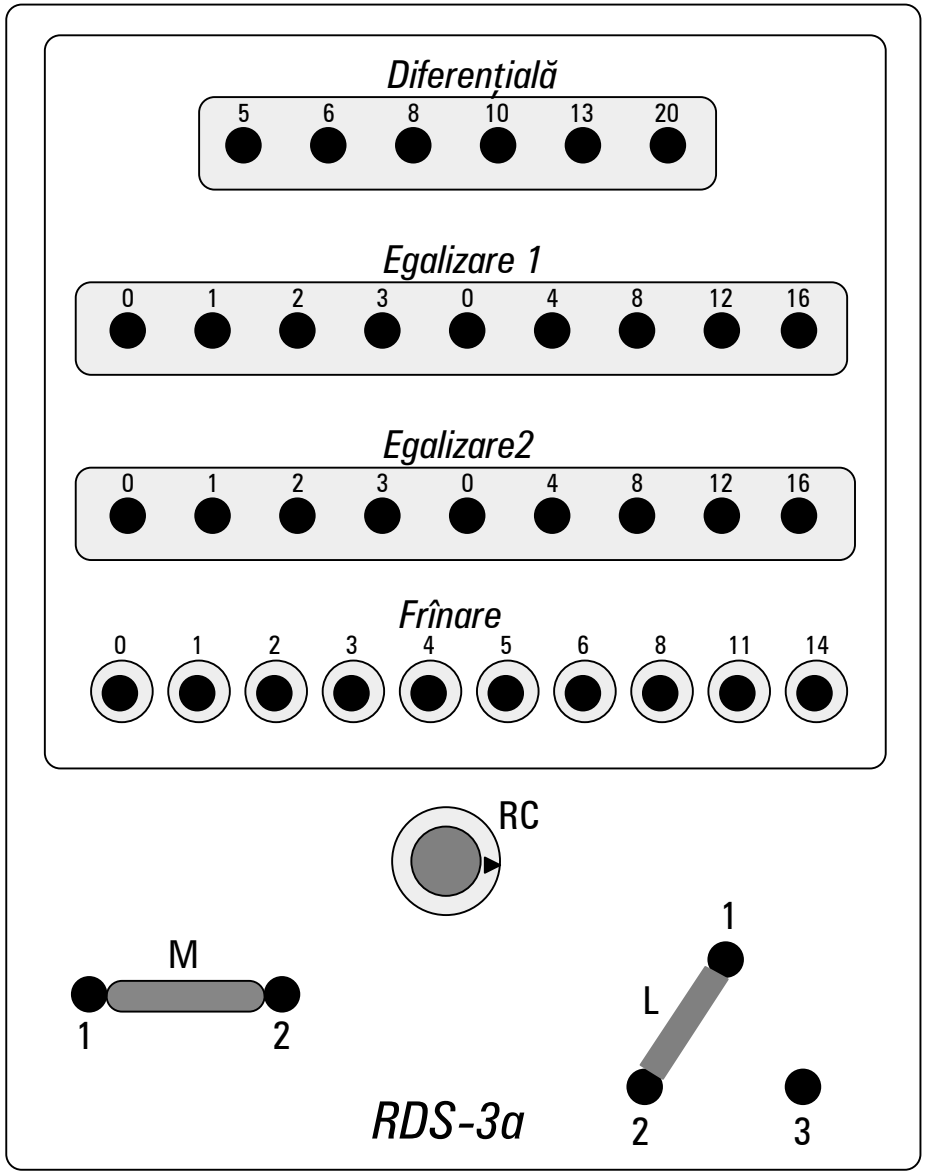

Frînare
Egalizare 1
Egalizare 2
Diferențială
Secundar 1+2
RDS-3a
RC
L
M
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Frînare
Egalizare 1
Egalizare 2
Diferențială
Secundar 1+2
RDS-3a
RC
L
M
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Frînare
Egalizare 1
Egalizare 2
Diferențială
Secundar 1+2
RDS-3
RC
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


RDS-3a
Frînare
Egalizare1
Egalizare2
Diferențială
Secundar 1+2
RC
L
M
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Frînare
F1
0 1 2 3 4 5 6 8 11 14
F2
Egalizare 1
E'1
E1
0 1 2 3
0 4 8 12 16
Diferențială
5 6 8 10 13 20
L
1
2
3
Egalizare 2
E'2
E2
0 1 2 3
0 4 8 12 16
M
1 2
Secundar
S1
S2
RC
RDS-3a
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Diferențială
5 6 8 10 13 20
Egalizare 1
0 1 2 3 0 4 8 12 16
Egalizare2
0 1 2 3 0 4 8 12 16
Frînare
0 1 2 3 4 5 6 8 11 14
RC
M
1
2
L
1
2
3
RDS-3a